

ORGANIZACIÓN DEL BACHILLERATO INTERNACIONAL

PROGRAMA DEL DIPLOMA

COLEGIO SAN AGUSTÍN

MONOGRAFÍA DE BIOLOGÍA

¿Cómo será la efectividad de los fertilizantes de naturaleza orgánica (humus de lombriz) e inorgánica en la calidad de cultivos de *Raphanus sativus*?

Código de candidato: hzc916

Número de palabras: 3981

Lima – Perú

2020

Esta Monografía debe referenciarse de la siguiente manera:

Corcuera, M. (2020). *¿Cómo será la efectividad de los fertilizantes de naturaleza orgánica (humus de lombriz) e inorgánica en la calidad de cultivos de *Raphanus sativus*?* [Trabajo de investigación. Monografía, Centro Educativo Particular San Agustín] Perú.

Índice:

1. Introducción.....	
2. Marco teórico.....	
2.1. <i>Raphanus sativus</i>	
2.2. Suelo recomendado para su crecimiento	
2.3. Humus de lombriz	
2.4. Bioestimulación	
2.4.1. Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	
2.4.2. Ácido Bórico (H_3BO_3)	
3. Problema de Investigación.....	
3.1. Objetivos	
3.2. Pregunta de investigación	
3.3. Hipótesis	
3.4. Variables	
3.5. Metodología	
3.5.1. Materiales	
3.5.2. Diseño experimental	
3.5.3. Procedimiento	
4. Resultados.....	
4.1. Resultados cuantitativos de la investigación	
4.1.1. Datos brutos y procesados	
4.1.2. Análisis estadístico. T-Student	
4.1.3. Datos presentados	
5. Conclusiones y discusión.....	

6. Limitaciones, sugerencias.....	
7. Medidas de seguridad y medioambientales	
8. Referencias bibliográficas.....	
9. Anexos.....	

Introducción

Entre las posibilidades que ofrece la labor agrícola moderna encontramos el empleo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, los cuales tienen sus efectos en los sembríos cultivados. De manera que, el rendimiento determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos que existen en el medio, unido al potencial genético que estas tengan (Tapia & Machado, 1998, p. 189); ello será estudiado en la presente investigación ya que resulta de suma relevancia plantearnos la determinación de aquel fertilizante que, por sus propiedades, sea el más efectivo en el crecimiento de la planta.

Esta comparación de la naturaleza de cada fertilizante en su función de mejorar la calidad del sustrato a nivel nutricional (AEFA, s.f., p.1) resulta de interés científico por distinguirse desde si son procesados industrialmente o provienen de conversiones naturales, hasta si son empleados únicamente como sustrato de la muestra o son aplicados foliarmente. Específicamente, en la estimulación de los procesos biológicos del *Raphanus sativus*, conocido comúnmente como rábano, el cual es originario de China central y occidental y tiene un ciclo de cultivo corto así como una sorprendente capacidad de adaptación (García, 1992, p.12).

La importancia global radica en que supone un impacto benéfico en la labor de horticultores y, sobre todo, su búsqueda de reducir costos y explorar las técnicas más adecuadas para el favorecimiento de la dinámica de sus suelo. Y es que su propósito de comercialización genera expectativas en el tamaño del producto deseado y el peso de sus cosecha (Laguna y Contreras, 2000, p.28).

La presente monografía abordará un enfoque cuantitativo en vista de que busco evaluar si existen diferencias entre el crecimiento de la hortaliza en humus de lombriz y empleando un fertilizante inorgánico. Esta determinación se conducirá por medio de un análisis estadístico de T-student y manipulando los datos brutos del registro de masas, biomasa, área foliar, diámetro del bulbo y largo del tallo. Por ese motivo, me planteo la siguiente pregunta de

investigación: ¿Cómo será la efectividad de los fertilizantes de naturaleza orgánica (humus de lombriz) e inorgánica en la calidad de cultivos de *Raphanus sativus*?

MARCO TEÓRICO

1. *Raphanus sativus*

Planta herbácea perteneciente a la familia de las *Cruciferae* caracterizada por su sabor ligeramente picante según la variedad, tallos de 20 a 90cm de altura, flores en racimos terminales y de 2 a 3 semillas por fruto. Asimismo, es una especie originaria de Europa y Asia (Japón y China), a nivel sudamericano en países como Argentina se encuentra naturalizada. Lo curioso de esta hortaliza es su raíz engrosada (bulbo), la cual se consume fresca en ensaladas y se encuentra cubierta por una piel morada o roja y una carne blanca; esta parte del producto comestible será de gran utilidad para nuestro trabajo experimental.



Foto de autoría propia

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Crucíferas
Género	<i>Raphanus</i>
Especie	<i>sativus</i>

(Aleman, 2018)

Al ser de desarrollo acelerado, su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días (Aleman, 2018, p.43). En cuanto a sus propiedades nutraceuticas, vitamínicas y de minerales cada bulbo contiene 100 g de materia fresca de rábano, 0,86 g de pròtidos, 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A, 30 mg de vitamina B1, 20 g de vitamina B2 y 24 mg de vitamina C (Aleman, 2018, p. 45).

Cabe rescatar que para fines experimentales, específicamente el riego, se tomará en cuenta el hecho de que posee grandes proporciones de agua, hidratos de carbono y fibra. En paralelo al tipo de clima recomendable, el cual es uno de exposición media de

entre 15 y 18°C, con mínimo de 4°C y un máximo de 21°C, dependiendo de este último variará el sabor picante de las raíces (Aleman, 2018, p. 53).

Condiciones ideales de desarrollo del rábano:

- Tipo de suelo: Adaptación a diversos tipos de suelo, de preferencia profundos, arcillosos (suelos), arenoso y que contenga materia orgánica.
- pH: Mayormente neutro, entre 5,5 y 6,8 debido a su intolerancia a la salinidad.
- Clima: Medio frío.

2. Suelo recomendado para su crecimiento

Antes de ello, es importante definir suelo como la capa superficial de la tierra capaz de aportar los nutrientes fundamentales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan, así como posee propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto tales como su fertilidad y posibilidad de raíces (Pereira, 2015, p.6).

En torno a su capacidad adaptativa es alta, pero prefiere los suelos profundos, arcillosos y el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8 (Aleman, 2018, p. 52). Sumado a ello, estos pueden ser tanto suelos minerales como orgánicos.

3. Humus de lombriz:

Abono orgánico proveniente del estiércol de lombrices y que ha sido fermentado, se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas (Urrestarazu, et al., 2001, p. 147). Ndegwa (2000) y Hashemimajd (2004) sostienen que:

Contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (p. 5).

Por lo que, será usada como sustrato para uno de los grupos de cultivo ya que resulta útil en su aporte de macro y micronutrientes así como práctico de diferenciarla del abono inorgánico a describir posteriormente debido a sus propiedades, entre las que

resalto la presencia natural de bacterias fijadoras de nitrógeno (N) (Medina, 2001, p. 4).

4. Bioestimulación:

Morales (s.f.) sostiene que los bioestimulantes son:

Sustancias que se utilizan para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas y entregar mayor resistencia a las condiciones de estrés bióticos y abióticos, tales como temperaturas extremas, estrés hídrico por déficit o exceso de humedad, salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y/o enfermedades (p. 1).

Es así como la bioestimulación, a través de aplicar cierto producto, promueve los procesos fisiológicos de la planta como la tasa fotosintética; en este caso, será usado un fertilizante inorgánico vendido comercialmente como *Nutri-plus vegetativo* por *Smart Farm Peru*. Se presenta en dos frascos (A y B) de 250mL cada uno, la composición química del primero (A) posee nitrato de calcio y quelato de hierro DTP; y del segundo (B), ácido bórico, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de zinc, ácido fosfórico, sulfato de cobre, molibdato de sodio y sulfato de manganeso.

Estos dos componentes químicos son los más abundantes en el tratamiento inorgánico;

4.1. Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

Compuesto en su estado líquido y no granular, como comúnmente es presentado, a fin de que sea soluble en el agua y facilita la absorción de nutrientes, específicamente del nitrógeno y calcio, los cuales trabajan mutuamente para su regulación en la planta y, especialmente, en la forma de nitratos (NO_3^-). Recordar que el N es esencial en el metabolismo de la planta al conformar estructuras proteicas y de ácidos nucleicos, así como constituir clorofilas y enzimas de citocromos (Wild y Jones, 1992, p. 73). En paralelo, el Ca estructura la protopectina para mantener células unidas (Navarro y Navarro, 2000, p. 140).

4.2. Ácido Bórico (H_3BO_3)

Este compuesto ligeramente ácido es también altamente soluble en agua y corrige los niveles bajos de boro que las plantas pueden pasar debido a que únicamente pueden ser obtenidos por la asimilación de esta forma (del exterior). El boro contenido integra la pared celular y membrana plasmática (biosíntesis) (Marschner, 2002, p. 61).

Problema de investigación

Objetivo general:

Evaluar el cultivo de *Raphanus sativus* a partir del empleo de dos abonos de distinta naturaleza, uno orgánico y otro inorgánico.

Objetivos específicos:

Determinar el efecto de la aplicación de abono orgánico en el rendimiento del *Raphanus sativus*.

Determinar el efecto de la aplicación de abono inorgánico en el rendimiento del *Raphanus sativus*.

Comparar cuál naturaleza del abono sería el más efectivo en la calidad de las cosechas de *Raphanus sativus*.

Pregunta de investigación

¿Cómo será la efectividad de los fertilizantes de naturaleza orgánica (humus de lombriz) e inorgánica en la calidad de cultivos de *Raphanus sativus*?

Hipótesis

H₁: La efectividad del abono orgánico de humus de lombriz no será igual al de fertilizante químico debido a que difieren en su naturaleza y sus efectos en las condiciones del sustrato de sembrado.

H₀: La efectividad del abono orgánico de humus de lombriz será igual al del fertilizante químico.

Variables

V. Independiente: Naturaleza de los fertilizantes: orgánico (humus de lombriz) e inorgánica (fertilizante)

V. Dependiente: Calidad de la hortaliza, variable medida en masa (g), diámetro del bulbo (cm), largo de tallos (cm), área foliar de hojas (cm²) y biomasa (g)

V. Control:

- Riego de igual proporción para todas las muestras (exceso de agua en algunas puede generar diferencias en las masas registradas).

- Exposición solar continua.

V. Interviniente: Clima de temporada del año (clima nublado, baja intensidad solar)

Metodología:

Materiales	Materia biológica	Sustancias	Equipos
9 botellas con contenido para 7L	72 semillas de <i>Raphanus sativus</i>	1 frasco A de <i>Nutri-plus vegetativo</i> (Smart Farm Peru)	Horno de calor seco
1 pulverizador spray de agua para 1L	10kg de tierra de chacra	1 frasco B de <i>Nutri-plus vegetativo</i> por (Smart Farm Peru)	Balanza gramera
1 cinta métrica de 1m	2kg de humus de lombriz	-----	-----
1 par de guantes	3kg de musgo seco	-----	-----
Hoja milimetrada	-----	-----	-----

Diseño experimental

3 grupos (A de fertilizante orgánico, B de fertilizante inorgánico y de grupo control)

Simbología:

Este experimento posee 12 grados de manipulación (repeticiones o muestras) para cada experiencia así como dos estímulos diferentes ya que el grupo control no maneja un estímulo.

Grupo experimental A (3 botellas de 4 semillas cada una)			
RG ₁	O ₁	X ₁	O ₂
...			
RG ₁₂	O ₂₃	X ₁	O ₂₄

Grupo experimental B (3 botellas de 4 semillas cada una):			
RG ₁₃	O ₂₅	X ₂	O ₂₆
...			
RG ₂₅	O ₃₁	X ₂	O ₃₂

Grupo control (3 botellas de 4 semillas cada una):		
RG ₂₆	O ₃₃	O ₃₄
...		
RG ₃₈	O ₅₅	O ₅₆

Procedimiento:

a. Montaje de cultivos

a.i. Primero, recortamos las botellas de plástico de tal manera que teníamos una especie de ventana donde los cultivos iban a tener contacto con el entorno estando colocados de forma horizontal en los contenedores.

a.2. Luego, procedimos a colocar una sábana hecha de bolsas de plásticos para dentro hacer la mezcla de los sustratos, primero, la tierra de chacra fue mezclada homogéneamente con el musgo seco. Aproximadamente, del total de tierra fue agregado la mitad de cantidad de musgo. Con este primer paso, rellenamos los seis primeros envases para que sean unas tres muestras control y otras tres nuestra experiencia con el abono inorgánico.

a.3. A continuación, se fertilizó con el humus de lombriz la mezcla, alrededor de las tres cuartas partes de este abono orgánico fueron extraídas de la bolsa para posteriormente unirlo con nuestra tierra de chacra uniformemente. Procediendo también a verter este nuevo sustrato en las tres botellas restantes para completar así nuestras doce experiencias.

a.4. Por último, pasaremos al cultivo de las semillas de rábano. Para ello, formamos cuatro hoyos de profundidad mínima colocando una semilla en cada uno y a una distancia de 5cm para evitar que, a futuro, las germinaciones se interrumpan por otra muy cercana. Cubrimos las muestras con muy poca tierra para facilitar su desarrollo; en total, fueron empleadas cuatro semillas por envase. Paralelamente, se hicieron dos cultivos adicionales por precaución en cada botella (no especificados en diseño).

b. Riego de cultivos

b.1. Inmediatamente procedemos al primer riego a fin de asentar las nuevas mezclas realizadas y dar inicio al crecimiento de estos nuevos cultivos. Cabe resaltar que para hacerlo se hizo un regado suave con un pulverizador spray ya que el agua para evitar remover la tierra de encima.

b.2. El vertido del abono inorgánico se llevó a cabo gradualmente, primero, con mitad de dosis, es decir, 2.5 mL de cada solución por litro de agua. Según indicación del producto, se recomienda aplicar a los 6 días la dosis completa preparada agregando 5mL de cada solución. Por último, a los 14 días también fue vertida esta preparación

de los dos envases del mismo producto. La aplicación fue en el suelo y vía radicular para que las raíces puedan absorberlo adecuadamente.

b.3. Más tarde, regamos los tres grupos experimentales diariamente y con especial atención cuando el sustrato se observaba seco.

c. Registros de la cosecha

c.1. Posterior a los 30 días de crecimiento, los rábanos fueron cosechados de las cuatro muestras por botella de plástico, también muy cuidadosamente para conservar los tallos, que tienden a ser frágiles.

c.2. Por consiguiente, pasamos a tomar las medidas del diámetro y longitud tanto del tallo como la raíz con una cinta métrica. Asimismo, con ayuda de una hoja milimetrada medí el área foliar de la hoja más representativa (similar a la mayoría de las brotadas en cada rábano), teniendo así tres muestras por cada envase.

c.3. Para este paso final será clave el secado de los frutos mediante un horno de calor seco a 55 °C por horas. Una vez que hayan pasado por este proceso ya podremos masarlos con una balanza calibrada a fin de tomar nota de la biomasa de cada hortaliza, diferenciándolas en tres grupos distintos, las de humus de lombriz, de fertilizantes inorgánico, y, de grupo control.

Resultados

Datos brutos de tipo cuantitativos obtenidos en la experimentación

Tabla N° 1: “Masas según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”

Registro de masas y sus promedios (g $\pm$ 0.05)		
Humus de lombriz	Abono inorgánico	Grupo control
22.5	18.1	11.9
25.0	20.3	13.6
23.7	14.9	15.0
17.5	21.3	14.7
28.3	12.5	10.0
20.0	22.4	14.8
25.5	10.9	9.7
29.8	22.3	12.3
25.0	15.2	17.5
24.9	14.9	14.2
22.5	12.5	12.6
27.6	20.0	10.0
Promedios		
24.4	17.1	13.0

Tabla N°2: “Área foliar según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”

Registro de áreas foliares y sus promedios (cm ² ± 0.5)		
Humus de lombriz	Abono inorgánico	Grupo control
65	48	43
52	50	30
57	45	30
46	52	39
39	32	28
64	41	31
50	41	37
63	33	29
55	47	29
58	47	27
56	51	40
70	34	27
Promedios		
56.3	43.4	32.5

Tabla N°3: “Largo de tallos según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”

Registro de largo de tallos y sus promedios (cm ± 0.05)		
Humus de lombriz	Abono inorgánico	Grupo control
21.2	18.4	16.5
18.3	17.8	17.0
17.5	18.5	17.0
17.5	18.0	16.9
20.3	20.2	15.4
18.4	18.3	17.3
19.9	17.2	16.5
17.8	17.0	15.6
18.8	18.3	16.2
18.4	19.0	14.3
19.5	16.8	15.8
21.0	17.8	14.6
Promedios		
19.1	18.1	16.1

Tabla N°4: “Diámetro del bulbo según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”

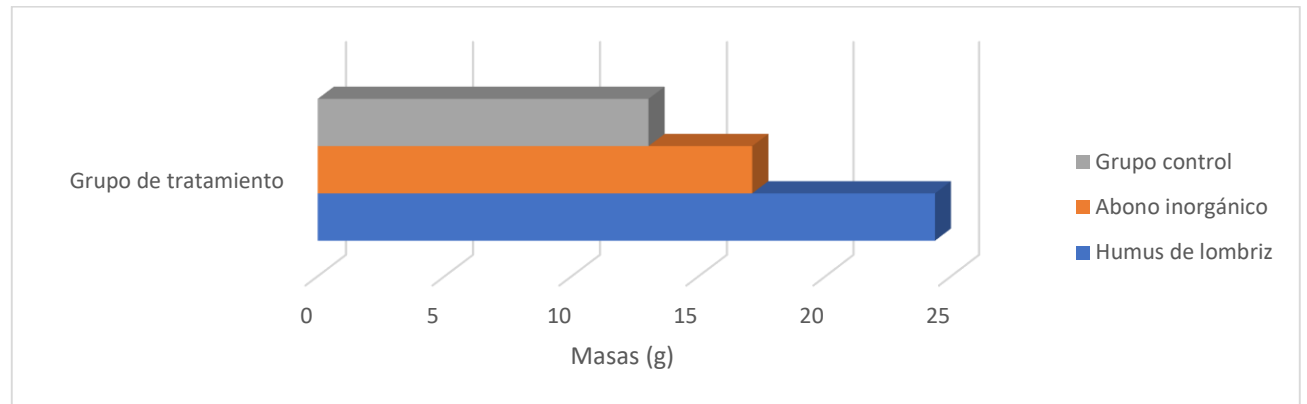
Registro de diámetros del bulbo y sus promedios (cm $\pm$ 0.05)		
Humus de lombriz	Abono inorgánico	Grupo control
4.5	3.8	2.0
4.5	4.0	2.7
4.3	2.9	3.5
3.0	2.6	4.0
3.7	2.7	2.9
3.9	2.7	3.7
5.0	3.5	3.2
5.2	2.8	2.1
4.7	3.9	2.3
3.9	3.5	3.0
5.1	2.2	4.0
4.5	2.9	2.1
Promedios		
4.4	3.1	3.0

Tabla N°5: “Biomاسas según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”

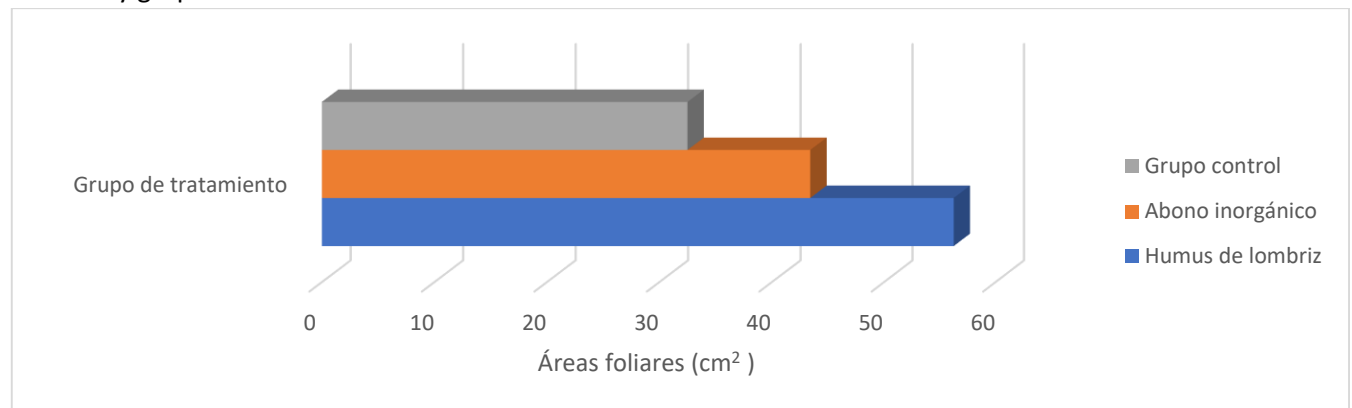
Registro de biomاسas y sus promedios (g $\pm$ 0.05)		
Humus de lombriz	Abono inorgánico	Grupo control
17.6	13.2	7.3
20.0	16.8	9.9
17.5	11.9	11.6
12.7	17.7	9.9
22.6	9.1	6.0
16.3	17.6	10.5
19.9	7.8	4.9
25.0	16.9	9.6
18.8	10.2	11.9
19.3	7.9	10.8
17.3	8.2	9.0
21.2	16.8	5.9
Promedios		
19.0	12.8	8.9

Datos procesados

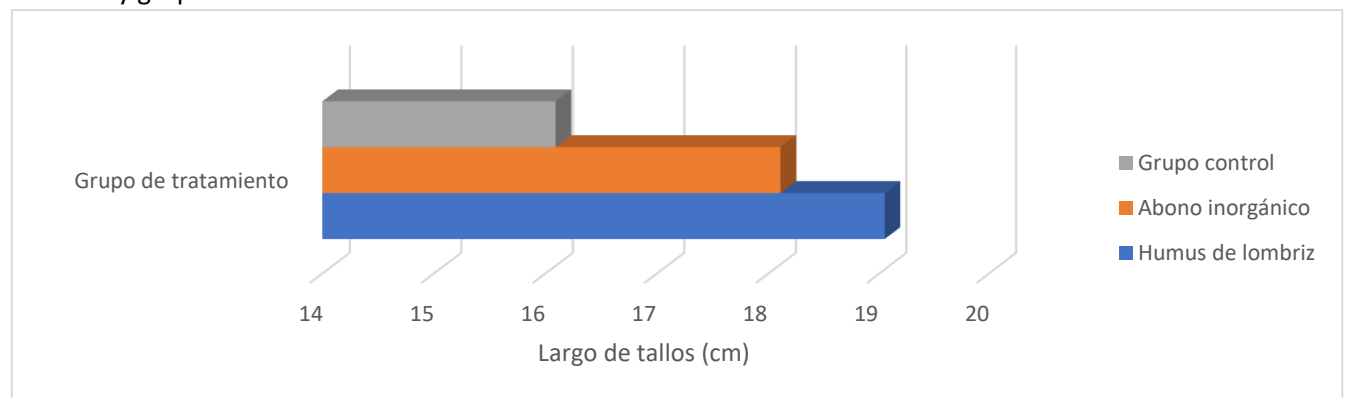
Gráfica de barras N°1: “Medias de masas según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”



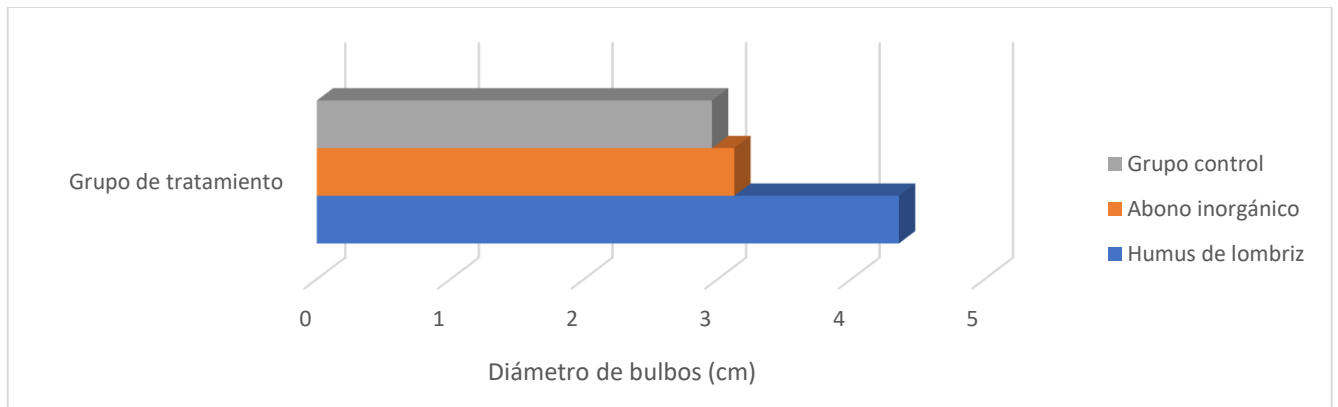
Gráfica de barras N°2: “Medias de áreas foliares según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”



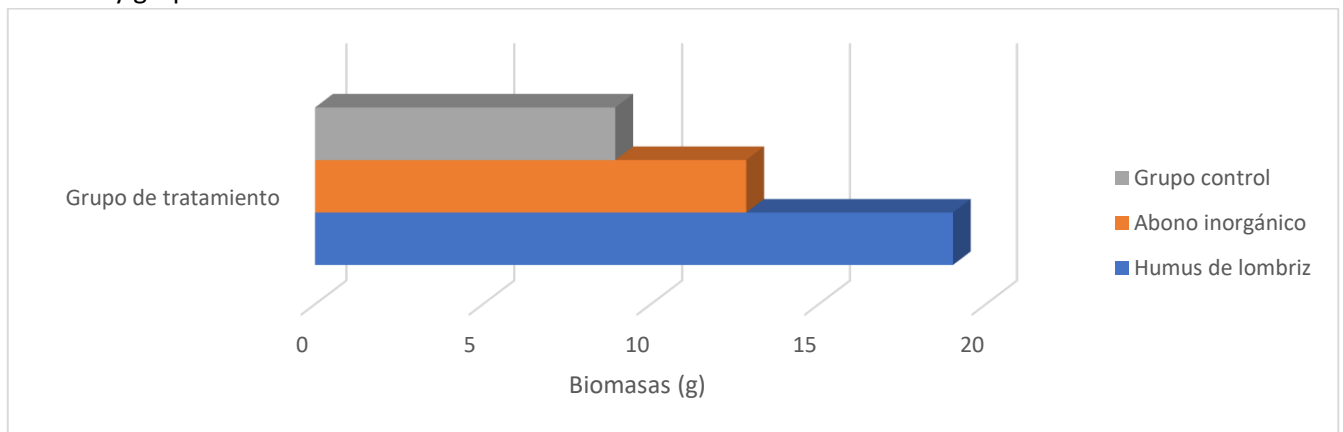
Gráfica de barras N°3: “Media de largo de tallos según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”



Gráfica de barras N°4: “Media de diámetro de bulbos según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”



Gráfica de barras N°5: “Medias de biomásas según la naturaleza del abono con que fueron tratadas y grupo control”



Análisis estadísticos T-student entre los dos tipos de abonos, orgánico e inorgánico:

Para biomosas

<i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</i>		
	Variable 1	Variable 2
Media	19.0166667	12.8416667
Varianza	9.98333333	17.0390152
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	13.5111742	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	4.114964	
$P(T \leq t)$ una cola	0.00022782	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714437	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00045564	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387307	

Para áreas foliares

<i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</i>		
	Variable 1	Variable 2
Media	56.25	43.4166667
Varianza	76.0227273	51.1742424
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	63.5984848	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	3.94177395	
$P(T \leq t)$ una cola	0.00034753	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714437	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00069507	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387307	

Para largo de tallos

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	19.05	18.1083333
Varianza	1.70454545	0.85901515
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	1.2817803	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	2.03735179	
$P(T \leq t)$ una cola	0.02691036	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714437	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.05382073	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387307	

Para diámetro de bulbos

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	4.35833333	3.125
Varianza	0.41356061	0.34568182
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	0.37962121	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	4.90321412	
$P(T \leq t)$ una cola	3.3308E-05	
Valor crítico de t (una cola)	1.71714437	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00006662	
Valor crítico de t (dos colas)	2.07387307	

Discusión y análisis de resultados

Hay fuertes evidencias que respaldan el efecto del humus de lombriz, primer tratamiento, en producir cosechas más rendidoras de *Raphanus sativus*. Y es que este fertilizante orgánico ha demostrado ser significativamente mayor en el contraste de biomasa, áreas foliares, largo de tallos y diámetro de bulbos frente al fertilizante inorgánico, segundo tratamiento. Debido a que la prueba de dos colas arroja en la totalidad de los casos valores menores a 0.05.

Lo mencionado guarda coherencia con el estudio del incremento de la capacidad de intercambio catiónico (Soto & Muñoz, 2002, p. 123), factor que se explica en el alto contenido de materia orgánica y que se atribuye a que a diferencia de la disminución general de CIC en el químico posterior a unas semanas, nuestro primer tratamiento tiene un comportamiento constante de los cationes de cambio (K, Ca, Mg, Na) (Díaz, Montero & Lagos, 2009, p. 2). En otras palabras, es capaz de retenerlos a largo plazo y, gradualmente, absorber por su sistema radicular macroelementos en mayores niveles, entre estos tenemos el potasio (K) que activa más de 60 enzimas y regula la apertura de los estomas en las células guardando originando los primeros pasos de la diferenciación en el tejido meristemático y dando turgencia en el largo de los tallos (Bennet, 1993, p. 22). Un macronutriente en bajas cantidades es el fósforo (P) y, justamente, la planta requiere niveles medidos de este para intervenir en el uso de azúcar y almidón en favor de la formación del bulbo así como en reacciones que implican la fosforilación y transferencia de energía en forma de fosfatos que, a su vez, conforman los ácidos nucleicos (Mengel, et al., 2001, p. 15).

En el contexto científico, es encontrada una correlación positiva entre nutrientes minerales y cosechas, donde hay elevación de la respiración microbiana en los tratamientos donde se aplicó materia orgánica, y un incremento en el número de bacterias, hongos, actinomicetos y en el nitrógeno mineralizado (Palma-López, 2006, p. 163). Por tanto, si nos trasladamos a la teoría biológica, son estas bacterias las que fijan así como forman compuestos nitrogenados asimilables para la planta al catalizar la oxidación de amonio (NH_4^+) y amoníaco (NH_3) a nitrato (NO_3^-). Este último se deposita en los tejidos radiculares y es sintetizado en aminoácidos o transportado por el xilema de los tallos; esta asimilación producto del proceso de nitrificación supone un beneficio indispensable y que, a diferencia de nuestro segundo tratamiento, cuenta con organismos que lo liberan de acuerdo a los requerimientos de la planta. Cabe rescatar que las lombrices de tierra son composteras efectivas ya que sus excrementos contienen 5 veces más nitrógeno, 2 veces más calcio intercambiable, 7 veces más fósforo disponible y 11 veces más potasio disponible que el suelo en el que viven (Jeavons, 1991, p. 38). La germinación se presentó tres días después de la siembra en el primer tratamiento, mientras que en el segundo fue cinco días más tarde. Probablemente, por el hecho que el nitrógeno se acumula principalmente en forma de proteínas de reserva, las cuales son metabolizadas durante la germinación que le servirá al eje embrionario en crecimiento (Martínez, 2010, p. 84). Reafirmando nuevamente las mejores condiciones en el humus proveniente del estiércol de lombriz.

Retomando las gráficas presentadas, son observables las evidencias que respaldan que tanto la actividad fotosintética como la nutrición de las plantas han sido más favorables en el primer tratamiento debido a que, por un lado, las áreas foliares nos dan un alcance importante de la relación directa que tendrán con el tamaño del bulbo y las medidas del tallo sumado a que estas hojas funcionales son prueba del mejor efecto de ciertos macronutrientes. Por otro lado, la biomasa, debe ser entendida como el trabajo de la clorofila en la fotosíntesis (Bailón, 2007, p. 17), y como observamos el nitrógeno está fuertemente

vinculado con la conformación de las enzimas del grupo de citocromos que capturan la energía química de los procesos fotosintéticos. Por lo que, esta variable cuantitativa y dependiente de la naturaleza del fertilizante terminó por confirmar la predominancia del humus de lombriz en la obtención de las cosechas más rendidoras.

Conclusiones

En conclusión, se rechaza la hipótesis nula ya que las diferencias estadísticas son altamente significativas en ratificar la afirmación de que los tratamientos de fertilizantes no tendrán los mismos rendimientos de *Raphanus sativus* debido a su distinta naturaleza. Y es que a lo largo de esta investigación científica hemos visto cómo la calidad de los rábanos es medida por variables como su masa, biomasa, área foliar, diámetro del bulbo y largo de tallos; los cuales han persistido en ser mayores frente a los cultivos manipulados con fertilizante inorgánico demostrando así que el humus de lombriz tiene efectos en las condiciones bioquímicas del sembrío. En contraste con la teoría biológica, los aspectos abordados para respaldar los resultados fueron la capacidad de intercambio catiónico, la presencia de bacterias en la materia orgánica, la riqueza en macronutrientes y la interpretación del posible proceso fotosintético. Debido a que todos estos fueron conceptos clave para explicar las ventajas de un abono orgánico en la mineralización gradual a la que su suelo está sometido para el acelerado metabolismo embrional y la asimilación mediante el sistema radicular.

A nivel de datos cuantitativos, el grupo control fue muy útil para tener una referencia de los cambios de potenciar el desarrollo vegetativo del cultivo e identificar en las gráficas de barras medias mayores en los fertilizantes que, además de ser un estímulo en favor de las variables, permitió compararlos y así determinar diferencias que, a su vez, fueron resueltas por la prueba de T-student de dos colas, obteniendo en promedio 0.0138. Por lo que, al ser un valor menor al 0.05 me permite concluir que las propiedades del tratamiento orgánico fueron más efectivas en esta cosecha. Es imprescindible mencionar que a pesar de los grados de incertidumbre encontrados en los instrumentos del registro de datos, estos son resueltos con la prueba de dos colas y de un 95% de confianza que plantea valores adecuados para la afirmación. Por lo que, concluyendo el primer tratamiento de sustrato con humus de lombriz se tradujo en incrementos de la productividad del *Raphanus sativus* en relación al tratamiento inorgánico.

Mejoras, limitaciones y sugerencias

Un punto de mejora es preparar previamente el sustrato para el cultivo de las semillas ya que así garantizamos condiciones donde los nutrientes de ambos fertilizantes se han asentado y están presentes para recibir los sembríos. Justamente, por ello, la mayor limitación fue el tiempo de experimentación ya que posiblemente se hubieran obtenido resultados aún más certeros si los plazos de investigación científica lo hubieran permitido; se dice que el efecto de los mejoradores minerales sobre la fisiología de la planta dependerán del tiempo de procesamiento y madurez del mismo (Campitelli & Ceppi, 2008, p. 64).

Se sugiere también que de ser cultivos a largo plazo, no de *Raphanus sativus* por su corto tiempo, el fertilizante químico conllevará a procesos biológicos más acelerados en la planta según la bibliografía consultada; no obstante, si hablamos de un corto plazo el humus de lombriz resulta imprescindible en la nutrición de los tejidos vegetales de estas hortalizas.

Aspectos medioambientales, éticos y de seguridad

Procuré reutilizar todo material empleado como las botellas de plástico de 7L, las cuales fueron diseñadas para que en posición horizontal cumpla la función de tener los cultivos a exposición solar. Asimismo, algunos de los productos adquiridos como el humus de lombriz no fueron empleados totalmente y este restante cumplió una segunda utilidad en el jardín de mi casa. En relación a la seguridad, el fertilizante inorgánico contenía nitrato de calcio, el cual es un oxidante fuerte y capaz de irritar los pulmones por su inhalación, así como también genera erupciones en la piel por un contacto prolongado (NJ Department of Health, 2016, p. 1). De modo que, fue necesario evitar su contacto con piel usando guantes, así como mascarilla al momento de preparar y diluir el producto en agua. Almacenar este fertilizante también significó colocarlo en un lugar fresco y sin exposición solar.

Referencias bibliográficas:

Alemán-Pérez, R.; Bravo-Medina, C.; Fargas-Clua, M. (2018). Morfofisiológico y productivo de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.). En *Fertilización orgánica en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L.) y rábano (Raphanus sativus L.) en la Amazonía ecuatoriana*. (pp.43-53). Puyo, Ecuador: Edición Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres.

Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. (s.f.). *Fertilizante*. Agosto 07, 2020, de AEFA Sitio web: <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fertilizante>

Bailón, H. (2007). *Respuestas fisiológicas de Raphanus sativus L. frente a +2 tres concentraciones de Mg*. Biblioteca Central Pedro Zulen, Vol. 5, p. 17.

Bennett, W.F. (ed.). 1993. *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. APS Press, St. Paul, MN.

Campitelli, P. and Ceppi, S. (2008). Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 90: 64-71.

Díaz, O., Montero, D. & Lagos, J. (2009). *Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de Acacia (Acacia melanoxylon) para la recuperación de un suelo del Municipio de Mondoñedo, Cundinamarca*. Colombia Forestal, Vol. 12, pp. 1-2.

García, A. (1992). *El Cultivo del Rábano (Raphanus sativus L.)* En el Ejido de Santa Anita, Municipio de Tlaquepaque. . Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Gómez, L. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Vol. I, p. 22.

Hashemimajd K, M Kalbasi, A Golchin, H Shariatmandari (2004) *Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes*. J. Plant Nutr. 27:1107-1123.

Hernández, E, Ramírez, H., Nolasca, R., & Lára, J.. (2016). *Cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) Con fertilización orgánica y mineral*. Universidad Autónoma Chapingo, Vol. I, pp. 1-2.

Ibarra-San Pío, E. (s.f). *Tierra vegetal y fertilizantes*. Pliego de prescripciones técnicas particulares, Vol. II, pp.169-170.

Jeavons, J. (1991). *Cultivo Biointensivo de Alimentos*. California: Ecology Action of the Mid-Peninsula.

Jayanthi, L., Sekara, J., Basha, S.A. and Parthasarathi, K. (2014). Influence of Vermifertilizer on Soil Quality, Yield and Quality of Chilli, *Capsicum annuum*. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 4: 206-218.

Laguna, RJ.; Contreras, J. C. (2000). *Efecto de biofertilizante (EM-BOKASHI) sobre el crecimiento y rendimiento del rábano*. LA CALERA. Managua. Nicaragua. P. 28

León-Nájera, J, Gómez-Álvarez R, Hernández-Daumás S, Álvarez-Solís JD, Palma-López DJ (2006) *Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos*, en los altos de Chiapas, México. *Universidad y Ciencia* 22:163-174

Marschner, H. (2002). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London.

Martínez, R. (2010). *Avances en el metabolismo del nitrógeno*. España: Editorial Club Universitario, p. 84.

Medina, L.; Jaime, M.; Chueca, C.; Bocanera, B.; Toro, F.; Mascaró, P. (2001). *Presencia y cuantificación de Azotobacter sp. y Azospirillum sp. en lombricomposto*. Segunda Reunión de Producción Vegetal del NOA. San Miguel de Tucumán, Argentina.

Mengel, K., Kirkby, E., Kosegarten, H. & Appel, T. (2001). *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Morales, C.. (s.f.). *Uso de bioestimulantes*. Manual de manejo agronómico del arándano, Vol.6, BOLETÍN INIA – INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario).

Najar, I. & Khan, A. (2013). *Effect of vermicompos on growth and productivity of tomato (Lycopersicon esculentum) under field conditions*. *Acta Biologica Malaysiana*, 2(1): 12-21.

Navarro, S. & Navarro, G. (2000). *Química agrícola*. Ediciones MundiPrensa, Madrid

New Jersey Department of Health. (2016). *Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas*. Nueva Jersey: autor.

Ndegwa P., Thompson, K. & Dass C. (2000) *Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids*. *Bioresource Technol.* 71:5-12.

Pereira, C. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Vol. I, p. 6.

Raviv M., Medina S., Krasnovsky A. & Ziadna H. (2004) *Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture*. *Compost Sci. Util.* 12:6-10.

Raviv M., Katan J., Hadar Y., Medina A., Krasnovsky A. & Ziadna H. (2005). *High- Nitrogen compost as a médium for organic container grow crops*. *Biores. Technol.* 96:419-427.

Soto, G; Muñoz C. (2002). *Consideraciones teóricas y practicas sobre el compost, y su empleo en la agricultura*. 65: 123-125.

Tapia, B.; Camacho, A. (1998). *Control integrado de la producción de frijol común basado en cero labranzas*. G. T. z. Managua, Nicaragua. P. 189.

Tapia, B.; Camacho, A. (1998). *Control integrado de la producción de frijol común basado en cero labranzas*. G. T. z. Managua, Nicaragua. P. 189.

Universidad Nacional Agraria La Molina. (2011). *Cadena agroproductiva de Papa: Manejo y fertilidad de suelos*. Lima: MINISTERIO DE AGRICULTURA.

Urrestarazu, M., Salas, M., Padilla, M., Moreno, J., Elorrieta, A. & Carrasco, G.(2001). *Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping*. Acta Hort. 549:147-152.

Valdrighi M., Pera A., Agnolucci M., Frassinetti S., Lunardi D., Vallini G. (1996). *Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (Cichorium intybus) - soil system: a comparative study*. Agriculture, Ecosystems & Environment 58:133-144

Wild, A. & Jones, L. (1992). *Nutrición mineral de las plantas cultivadas*. pp. 73-119. En: Wild, A. (ed.). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel*. Ediciones MundiPrensa, Madrid.

ANEXOS

