



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“Fertilización orgánica en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la finca Doña Nely, barrio San Antonio de Mira, provincia del Carchi”

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea 4. Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos.

**SUBLINEA:** Desarrollo y sostenibilidad.

**AUTOR:** CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO

**ASESOR:** JOSE VALDEMAR ANDRADE CADENA

Ibarra, 9 de septiembre de 2023

Ibarra, 9 de septiembre de 2023

José Valdemar Andrade Cadena

ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

José Valdemar Andrade Cadena

C.C.:1001927167

**PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 1001927167



(f).....

LEON TAPIA DIEGO MANUEL

CC. 1711668895



(f).....

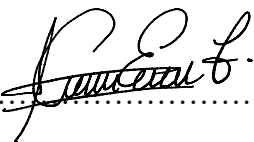
PhD Edmundo René Recalde Posso

C.C.: 1001774494

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 9 de septiembre de 2023

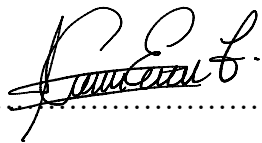
f):  .....

CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO

C.C.: 1004529234

## AUTORÍA

Yo, CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO, portador de la cédula de ciudadanía N°1004529234, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): .....  .....

CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO

C.C.: 1004529234

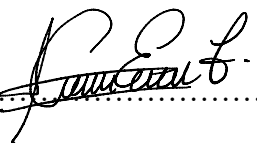
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO, con C.C.: 1004529234, autora del trabajo de grado intitulado: FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LA FINCA DOÑA NELY, BARRIO SAN ANTONIO DE MIRA, PROVINCIA DEL CARCHI previo a la obtención del título profesional de Ingeniería Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 9 de septiembre del 2023

f): .....


CINDY DAYANARA ERAZO TRUJILLO

C.C.: 1004529234

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN LA FINCA DOÑA NELY, BARRIO SAN ANTONIO DE MIRA, PROVINCIA DEL CARCHI, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 17 de agosto de 2022.

Para constancia firma:

f): .....

Cindy Dayanara Erazo Trujillo  
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación  
C.C: 1004529234  
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 9 de septiembre del 2023

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha ayudado a salir de situaciones difíciles en mi vida, que a pesar de eso estoy aquí con la fuerza y fortaleza que Él me ha dado. A mis padres Lenin Bladimir y Ximena Alexandra, quienes son los dos pilares más grandes en mi vida, quienes, con su amor, ayuda, apoyo y comprensión me han acompañado en toda esta fase de mi vida.

A mis hermanos quienes me dan su amor a pesar de todo

A mi abuela Amadita Pozo quien siempre está conmigo, dándome su cariño y fuerza para cada paso que he dado, a Degdamia y Hernán quienes me dan su amor incondicionalmente cada vez que lo necesito.

A mi mejor amiga y compañera que me ha regalado Dios, Nayelhi Recalde quien está en cada situación ya sea de felicidad o tristeza, quien está conmigo cada día con su amor y me alienta a seguir adelante.

No me queda más que solo dar gracias a Dios y a la Virgen porque gracias a ellos estoy aquí y con personas que de verdad me aman.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Ibarra), y sobre todo a la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, la cual con sus docentes me ha brindado valores y conocimientos, en todo el transcurso de mi carrera. Al Ing. David Narváez que me ayudo con mi trabajo de titulación.

Agradezco principalmente al Ing. José Valdemar Andrade Cadena quien con su dirección y conocimientos me ayudó a culminar mi trabajo y a darme ánimos para seguir en mi proceso de aprendizaje.

Mi sincero agradecimiento a cada una de las personas que me ayudaron a poder cumplir una más de mis metas.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO II	20
OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo general	20
2.2. Objetivos específicos	20
2.3. Hipótesis	20
CAPÍTULO III	21
ESTADO DEL ARTE	21
3.1. Generalidades	21
3.1.1. Definición y características generales de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	21
3.1.2. Importancia Nutricional de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	22
3.1.3. Importancia económica, tendencia y perspectiva del mercado de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	23
3.2. Taxonomía de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	24
3.2.1. Descripción botánica y morfológica	25
3.2.2 Variedades	26
3.3. Fertilización orgánica	27
3.3.1. Definición y características	27

3.3.2. Ventajas y desventajas	29
3.3.3. Biol de Bovinaza	31
3.3.4. Extracto de algas	33
3.3.5. Lixiviado de humus	35
3.3.6. Polifosfitos	37
CAPÍTULO IV	39
MATERIALES Y MÉTODOS	39
4.1. Materiales	39
4.1.1. Materiales	39
4.1.2. Insumos	39
4.1.3. Materiales biológicos	39
4.1.4. Materiales de gabinete	40
4.2. Métodos	40
4.2.1. Localización del área de estudio	40
4.2.2. Diseño experimental	41
4.2.3. Unidad experimental	43
4.2.4. Variables en estudio	43
4.2.4.1. Variables Independientes (Factores de estudio)	44
4.2.4.2. Variables dependientes	44
4.2.5. Procesamiento de datos	45
4.2.6. Manejo específico del experimento	45
4.2.6.1. Establecimiento del experimento	45
4.2.6.2. Labores culturales desarrolladas.	46
4.2.6.3. Aplicación de los fertilizantes.	46
4.2.6.4. Cosecha y levantamiento de la información.	46
CAPÍTULO V	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1. Determinación de la efectividad de la dosis y tipo de fertilizante orgánico en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L. cv BG Crespa).	48

5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza	48
5.2. Análisis estadístico de las variables	50
5.2.1. Variables	50
5.3. Determinación de la relación beneficio costo de los tratamientos evaluados para la producción de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L. cv BG Crespa).	80
CAPÍTULO VI	82
CONCLUSIONES	82
CAPÍTULO VII	84
RECOMENDACIONES	84
CAPÍTULO VIII	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	23
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.).	24
Tabla 3. Concentración de NPK (mg. l <sup>-1</sup> ) en el biol durante el proceso de digestión.	32
Tabla 4. Ubicación del experimento.	40
Tabla 5. Esquema del ANOVA	42
Tabla 6. Tratamientos evaluados.	43
Tabla 7. Metodología para la medición de las variables y toma de datos experimentales	47
Tabla 8. Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes	49
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable peso fresco de planta a los 55 días	50
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable peso seco de planta	56
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 55 días	63
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable número de hojas	68
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable rendimiento	74
Tabla 14. Análisis de la relación beneficio / costo de los tratamientos	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar del experimento	41
Figura 2. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso fresco para tratamientos	52
Figura 3. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes	54
Figura 4. Ordenamiento de promedios del factor dosis	55
Figura 5. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso seco para tratamientos	58
Figura 6. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes	60
Figura 7. Ordenamiento de promedios del factor dosis	61
Figura 8. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable altura de planta para tratamientos	64
Figura 9. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes	66
Figura 10. Ordenamiento de promedios del factor dosis	67
Figura 11. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable número de hojas para tratamientos	70
Figura 12. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes	72
Figura 13. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor dosis	73
Figura 14. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable rendimiento para tratamientos	76
Figura 15. Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizante	78
Figura 16. Ordenamiento de promedios del factor dosis	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Informe fotográfico	101
Anexo 2. Tabulación de datos	104

## RESUMEN

La producción hortícola en el país aún no alcanza los estándares internacionales de consumo. La mayor parte de las hortalizas que se consumen provienen de minifundios con mano de obra familiar y con sistemas de producción tradicionales. La producción orgánica de cultivos, a más de presentarse como una alternativa de producción que entrega alimentos sanos también previene la degradación de los suelos en donde se producen. En tal sentido, se ha planteado el presente proyecto de investigación que evaluó el efecto de cuatro fertilizantes orgánicos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) suministrado a tres diferentes dosis. Para cumplir los objetivos, se emplearon como fertilizantes: biol de bovinaza, extracto de algas, lixiviado de humus y polifosfitos aplicados en tres diferentes dosis: 0,5; 1 y 1,5  $\text{cm}^3 \text{l}^{-1}$  planteados en un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial  $A \times B + 1$  comparados con un testigo absoluto. De las unidades experimentales de  $4\text{m}^2$  con 40 plantas se obtuvo parcelas netas de 18 plantas en las que se registraron las variables peso fresco, peso seco, altura de la planta, número de hojas y rendimiento. El mejor tratamiento resultó ser T10 (Polifosfito  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ), que presentó diferencias significativas frente a los demás tratamientos en las variables peso fresco, peso seco, número de hojas y rendimiento. Dentro del análisis de los factores se encontró que la fertilización con polifosfito fue significativamente diferente a los demás fertilizantes. En el análisis de beneficio costo ejecutado también mostró al mismo tratamiento (T10) como el más comparado con los demás.

**Palabras clave:** Fertilización orgánica, lechuga, polifosfito, biol, extracto de algas.

## ABSTRACT

Vegetable production in Ecuador has not yet reached international consumption standards. Most of the vegetables consumed are produced in small farms with family labor and traditional production systems. Organic crop production, in addition to presenting itself as a production alternative that delivers healthy food, also prevents the degradation of the soils where it is produced. Then, the present research project evaluated the effect of four organic fertilizers on lettuce (*Lactuca sativa* L.) supplied at three different doses. To meet the objectives, the following fertilizers were used: bovine manure biol, algae extract, humus leachate and polyphosphites (Phi), applied at three different doses: 0.5, 1 and 1.5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>, in a completely randomized block design in AxB+1 factorial arrangement compared to an absolute control. From the experimental units of 4 m<sup>2</sup> with 40 plants, net plots of 18 plants were obtained in which the variables fresh weight, dry weight, plant height, number of leaves and yield were recorded. The best treatment was T10 (Polyphosphite 0.5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), which showed significant differences with respect to the other treatments in the variables fresh weight, dry weight, number of leaves and yield. Within the analysis of the factors, it was found that fertilization with polyphosphite was significantly different from the other fertilizers. The cost-benefit analysis also showed the same treatment (T10) was the best compared to the others.

**Keywords:** Organic fertilization, lettuce, polyphosphite, biol, algae extract

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El consumo de frutas y hortalizas es indispensable para una buena salud , debido a que proveen al organismo diversas sustancias, principalmente agua, fibra, vitaminas hidrosolubles como la C, la B6, el ácido fólico (especialmente las de hoja verde), vitaminas liposolubles tales como la K, carotenos contenidos principalmente por frutas y verduras verdes, amarillas o naranjas; también incluyen en su composición minerales como el potasio y magnesio, (Carbajal, 2013). El consumo diario de estos vegetales puede reducir la probabilidad de sufrir hipertensión, disminuir el riesgo de sobrepeso y obesidad; Ropero Lara (2022), en su trabajo Efectos sobre la salud del consumo de frutas, verduras y hortalizas, reporta que en 2018, la Fundación Mundial de Investigación sobre el Cáncer en su informe anual apuntaba que “existen algunas evidencias que consumir verduras, hortalizas y frutas podría disminuir la probabilidad de muchos tipos de cáncer”.

Gómez Salas et al., (2020) en su trabajo Resultados del Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS)-Costa Rica, reporta que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 1.7 millones de muertes al año se debieron al consumo inadecuado de frutas y verduras, la causa principal de estos decesos fue producidos por enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes tipo 2.

Una de las recomendaciones fundamentales de la OMS y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) es el consumo mínimo de 400 g de fruta y verdura mínimamente procesada, preferiblemente cruda (Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2020). En Ecuador el consumo de frutas, verduras y hortalizas es de 180 g diario (Freire, et al., 2014), este resultado demuestra que el consumo nacional no llega ni a la mitad de lo sugerido por estas instituciones.

En el país existe la suficiente producción de frutas y hortalizas para abastecer los mercados nacionales, aunque su consumo no está ampliamente extendido; debido a su carácter perecedero el 55% de la producción total se pierde o se desperdicia; la disminución de estos productos se presenta en cada una de sus fases: en la producción se pierde el 28%, el 21% en el manejo y almacenamiento, en el procesamiento y empaquetado el 6%, en la distribución y mercadeo el 17% y finalmente el 28% en el consumo. (Ruiz, Moreno, & Suárez, 2019)

En el cultivo, las pérdidas pueden darse principalmente debido al clima (cambio climático), la presencia de plagas, la mala calidad de la semilla entre otras; en la cosecha, por programación inadecuada de la recolección, por mal manejo de herramientas o técnicas de cosecha; en la poscosecha, distribución y comercialización las pérdidas son mayores y estas pueden deberse a almacenamientos prolongados, recortes excesivos para obtener una estética determinada, mala gestión logística, uso de transporte inadecuado (falta de refrigeración cuando es necesario), empaques y embalajes inapropiados, infraestructura no apta para la venta dentro del mercado, y por último un excedente en producción que es imposible de vender (FAO, 2019).

La producción de frutas y verduras es esencial en la supervivencia de los pequeños agricultores, pero el mal manejo del cultivo puede afectar al medio ambiente, y sus recursos naturales, ya que para mantener la salud de la plantación se emplean productos fitosanitarios podrían afectar el suelo, contaminar el agua, y afectar a la biodiversidad (FAO, 2020).

Las prácticas sustentables en los sistemas productivos u organizaciones agrícolas pueden aplicarse para: 1. Sostenibilidad ambiental ya que juegan un papel fundamental en la adaptación al cambio climático y en la mitigación de sus efectos; 2. Inclusión, principalmente de pequeños productores, pueblos indígenas, además de fortalecer la equidad de género; 3. Productividad, principalmente en el incremento de alimentos variados y nutritivos y en el desarrollo económico de la localidad (Meza & Rodríguez, 2021).

Las mejoras cuyos objetivos sean reducir las pérdidas de alimentos y que puedan ser aplicadas en el sistema de producción alimentario pueden contribuir al logro de varios objetivos de desarrollo sostenible (ODS), como el “ODS 2 (Hambre cero); el ODS 6 (Gestión sostenible del agua); el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico); el ODS 12 (Consumo y producción responsable); ODS 13 (Cambio climático) (FAO, 2022).

Con lo anteriormente expuesto, este trabajo de investigación pretende contribuir a la generación de una alternativa tecnológica confiable mediante la utilización de cuatro bioestimulantes aplicados sobre el cultivo de uno de los vegetales más consumidos y delicados que existen en el mercado, la lechuga (*Lactuca sativa* L.), y, de obtenerse resultados alentadores, permitirá transferir, replicar esta tecnología y mejorar la producción con el consiguiente incremento de ingresos para el agricultor, además de sentar las bases para próximos estudios en otros vegetales.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Evaluar cuatro tipos de fertilizantes orgánicos a tres dosis en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en San Antonio de Mira, Carchi.

#### 2.2. Objetivos específicos

- Analizar cuál de los cuatro fertilizantes orgánicos presentan la mejor respuesta en el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en campo.
- Determinar cuál de las dosis mejora el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga.
- Realizar un análisis financiero (beneficio – costo) de los tratamientos evaluados para la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

#### 2.3. Hipótesis

##### **H<sub>0</sub>:**

Los fertilizantes orgánicos no influyen en el comportamiento de la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

##### **H<sub>a</sub>:**

Los fertilizantes orgánicos influyen en el comportamiento de la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Generalidades

##### 3.1.1. Definición y características generales de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es uno de los vegetales que se consume a gran escala a nivel mundial, aporta varios nutrientes, entre ellos: hierro, ácido fólico y vitamina C, es una excelente fuente de agua, fibra, es baja en calorías, grasa y sodio, contiene varios compuestos bioactivos beneficiosos para mantener una buena salud (Kim, Moon, Tou, Mou, & Waterland, 2016).

Su nombre *Lactuca* proviene del latín *lac-tis* que quiere decir leche, debido al líquido lechoso (savia) que exudan sus tallos al ser seccionados, *sativa* corresponde a su calificación como especie cultivada (Watts, 2007).

Para Saavedra (2017), la lechuga (*Lactuca sativa* L.), es un vegetal que presenta las siguientes características:

**Forma:** Presenta una forma más o menos redondeada, de acuerdo a su variedad.

**Tamaño:** Habitualmente su diámetro mide de 20 a 30 cm, su peso promedio es de 300 gramos.

**Color:** De acuerdo al tipo de lechuga, esta puede presentar una gran diversidad de colores: blanquecinas, verdes, rojizas, marrones, pero el cogollo es de color amarillo.

**Sabor:** Generalmente suave, agradable y fresco, mientras que el sabor que tiene el cogollo es más intenso y puede ser amargo.

### **3.1.2. Importancia Nutricional de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La lechuga posee entre sus componentes vitaminas, principalmente: A, C, E, B1, B2, B3, B9 y K; minerales como potasio, hierro, fósforo, las hojas verdes poseen mayor contenido de vitamina C y de hierro, el folato o B9 que contiene, es muy importante para evitar malformaciones en el feto; ayuda a regular la concentración de insulina en la sangre (Valdivia & Almaza, 2016).

El consumo de la lechuga en ensaladas crudas es ideal para el régimen alimenticio, debido a que contiene entre el 90 y 95% de agua, posee 15 calorías, es un excelente facilitador para la digestión, añade fibra a la dieta; varios estudios han demostrado que una alimentación alta en fibra junto al ejercicio contribuye a la pérdida de peso, además la fibra influye en la reducción de LDL (colesterol), la baja de presión sanguínea, disminuye el riesgo de aparición de diabetes tipo 2 y aminora el riesgo de sufrir cáncer de colón (Kim, Moon, Tou , Mou, & Waterland, 2016). En la tabla 1 se puede observar la composición nutricional de cuatro tipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

**Tabla 1.***Composición nutricional de la lechuga (Lactuca sativa L.)*

TIPO DE LECHUGA	MINERALES (mg)					VITAMINAS		AGUA	FIBRA
	Ca	P	Fe	Na	K	A (UI)	C (mg)	%	%
<i>Crisphead</i>	20	22	0.5	9	175	330	6	95	0,5
<i>Butterhead</i>	35	26	20	9	264	970	8	95	0,5
<i>Romana</i>	25	25	14	9	264	1900	18	94	0,7
<i>De hojas sueltas</i>	25	25	14	9	264	1900	18	94	0,7

*Nota.* Adaptado de “Manual de procesamiento y conservación de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad verde y morada cresa mínimamente procesada” por Galvis Vanegas et al., 2018.

### **3.1.3. Importancia económica, tendencia y perspectiva del mercado de la lechuga (*Lactuca sativa L.*)**

La lechuga es el vegetal de hoja más consumido y más cultivado en el mundo, cuya producción se incrementa año a año (Medina - Lozano, Ramón Bertolín, & Díaz, 2021). Se ha calculado que el área cultivada en todo el planeta en el año 2018 fue de alrededor de 1.27 millones de hectáreas, con una producción aproximada de 27,3 millones de toneladas Organización de las Naciones Unidas (2018). En Norteamérica, los Estados Unidos (con un 22%) son los mayores productores, mientras que el 13% que cosecha Europa provienen principalmente de España e Italia, mientras que en Asia se cultiva la mitad de la producción mundial, principalmente en China siendo *Lactuca sativa L. var. agustana* la más apreciada en este país (Kim, Moon, Tou, Mou, & Waterland, 2016).

En Ecuador la lechuga es un cultivo con alta demanda, se produce en espacios subtropicales a nivel de invernadero o de campo (Romero, Yáñez, Simbaña, Vélez, & Navarrete, 2020). Es así que se han contabilizado más de 1.100 hectáreas de esta verdura principalmente en Cotopaxi, Tungurahua y Carchi (González, 2021), se estima que se producen 30 toneladas

de lechuga al mes y se comercializan en todo el país, debido a que, es un ingrediente cotizado y consumido especialmente en ensaladas (Ricardo, 2019).

### 3.2. Taxonomía de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

*Lactuca sativa* fue descrita por primera vez por el científico Carlos Linneus en su libro *Species Plantarum*, Tomo II: 1118, publicado en 1753 (Linnaei, 1763). La lechuga pertenece a la familia *Asteraceae*, conocida antes como *Compositae*.

En la tabla 2 se muestra la taxonomía completa de este vegetal.

#### Tabla 2.

*Clasificación taxonómica de la lechuga (Lactuca sativa L.).*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermatophyta
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Asteranae
Orden	Asterlaes
Familia	Asteraceae
Género	<i>Lactuca</i> L.
Especie	<i>Lactuca sativa</i> L.
Nombre común	Lechuga

*Nota.* Adaptado de “Integrated Taxonomic Information System [ITIS], (2011)”.

### **3.2.1. Descripción botánica y morfológica**

La lechuga es una planta anual, pertenece a la familia *Asteraceae*, del género *Lactuca* y es una hortaliza de hojas sueltas, la duración del cultivo suele ser de 50 a 60 días para las variedades tempranas y 70 a 80 días las tardías desde la siembra hasta la cosecha, presenta una gran diversidad debido a sus diferentes tipos de hojas, a los hábitos de crecimiento de las plantas, a su composición y al sabor que presentan cada una de ellas, por lo que es consumida mayormente en ensaladas en forma cruda (Martínez Calbimonte, y otros, 2016).

A continuación, se detallan las características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa* L.):

#### **Flores:**

Presenta una inflorescencia que contiene varios floretes (varían de 12 a 20), todos fértiles, cada uno consiste en un pétalo amarillo simple ligulado con cinco dientes y contiene un carpelo doble, consistiendo en un estilo elongado y un estigma dividido (Saavedra, 2017).

#### **Hojas:**

Las hojas sésiles están distribuidas en forma de espiral, en una roseta, cogollo o cabeza, alrededor de un tallo corto, puede formar una cabeza redondeada (escarolas y butterhead) o una cabeza elongada (costinas y romanas), esto de acuerdo a la variedad (Carrasco , 2016).

#### **Tallo:**

Es muy corto y lleva una roseta de hojas que varían en forma, tamaño, color y textura de acuerdo a la variedad de lechuga (Martínez Barreno, 2019).

#### **Raíz:**

La raíz es de tipo pivotante, bien desarrollada, mide entre 25 y 30 centímetros (Aker, 2019).

### **Semillas:**

Según variedad, presentarán coloración blanca, crema, café o grisácea; miden entre 4 a 5 mm de diámetro y son de forma alargada, las semillas recién cosechadas tienen un nivel de dormancia corto (Mou, 2008 citado por Saavedra, 2017).

### **3.2.2 Variedades**

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) presenta en sus hojas una gran diversidad de colores, tamaños, texturas y formas, por lo que se las ha agrupado según sus características principales: formación de cabeza, tipo de tallo principalmente (Kim, Moon, Tou, Mou, & Waterland, 2016).

El presente trabajo se realizó utilizando la variedad cv Bergams Green (BG) Crespa, una lechuga sin cabeza o de hojas suelta (*Lactuca sativa* var *crispa*), este tipo de lechuga se escogió por su rapidez de crecimiento (5-6 semanas), uniformidad y resistencia a la sequía (Vásquez, 2015), y por su facilidad de conseguir semilla certificada

A continuación, se presentan las variedades de lechuga y sus principales características:

#### **Lechuga de cabeza arrepollada o crisphead:**

Presenta una cabeza redonda cerrada que por su forma le da mayor resistencia al daño mecánico se distinguen dos tipos: las llamadas Iceber y las Batavia (Saavedra, 2017).

#### **Lechuga lisa o butterhead:**

Este tipo de lechuga, tiene hojas lisas, delgadas, orbiculares, anchas, sinuosas, de textura suave o mantecosa (Martínez Barreno, 2019).

**Lechuga cos o romana:**

La lechuga cos o romana, no forman verdadero cogollo, las hojas presentan forma de espátula, presentan una nervadura prominente, una superficie ligeramente ondulada, los bordes son irregulares y denticulados (Galvis Vanegas, Gonzáles Blair, & Florez Vergara, 2018).

**Lechuga sin cabeza o de hojas sueltas:**

Este tipo de lechuga se caracteriza por tener hojas sueltas y dispersas ya que no poseen cogollo por lo tanto no son hojas envolventes (Saavedra, 2017). Tienen una gran variedad de tamaños, sus hojas pueden ser crespas o lisas, redondas, largas, espatuladas o lobuladas y su color puede ser variado: verde, rojizo, morado, cada uno en diferentes tonalidades (Galvis Vanegas, Gonzáles Blair, & Florez Vergara, 2018).

Dentro de las variedades de este tipo de lechuga se encuentran: Lollo rosa, Lollo bionda, Red salad bowl, cracarelle y hoja de roble (Aker, 2019).

**3.3. Fertilización orgánica****3.3.1. Definición y características**

La degradación del suelo es la perturbación de la fertilidad del mismo, debido a varias causas que pueden ser acumulativas, sucesivas o simultáneas y se manifiesta principalmente por un crecimiento deficiente y anómalo de la planta además de una baja productividad del cultivo (López Falcón, 2002); la pérdida de fertilidad del suelo podría atribuirse entre otras causas: a las labores culturales como el uso prolongado de monocultivos, la falta de reintroducción de nutrientes es otro de los motivos, el riego con aguas salinas que puede producir la absorción

limitada de nutrientes y la acumulación o deficiencia de elementos o partículas en el suelo que limitan las actividades fisiológicas de básicas de la plantas (Martínez, Lacasa, & Tello, 2009).

La fertilización es una práctica agrícola que tiene como objetivo proporcionar nutrientes a las plantas mediante el uso de sustancias para mejorar su crecimiento y producción, un fertilizante puede ser cualquier material natural o industrializado (inorgánico), que contenga dentro de su composición al menos el 5% de uno o más de los nutrientes primarios (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) (FAO, 2002). Según González Ulibarry (2019), la fertilización inorgánica, mediante el uso de fertilizantes nitrogenados ha permitido el incremento del rendimiento en la agricultura, pero a su vez a producido efectos colaterales tales como: eutrofización, degradación, desequilibrios biológicos, y reducción de la biodiversidad.

La fertilización orgánica se basa en el uso de materiales orgánicos como residuos de cultivos dejados en el campo luego de la cosecha, restos orgánicos de explotaciones pecuarias (estiércol de animales domésticos, purín), diferentes tipos de compost, abonaduras verdes (especialmente leguminosas fijadoras de N), residuos de plantas (desechos de productos agrícolas) y desechos domésticos, estos compuestos tienen dentro de su composición Nitrógeno en forma más o menos estable, que con el pasar del tiempo se va mineralizando y luego estará a disposición del cultivo (FAO, 2003). Una de las prácticas que permite mejorar la fertilidad del suelo y reducir la incidencia de plagas y enfermedades es la rotación de cultivos, método que es utilizado por los productores orgánicos para manejar de una manera sustentable los nutrientes para la plantación, para ello puede emplearse cultivos de cobertura y aplicarse fertilizantes orgánicos (Dufour, 2015).

### 3.3.2. Ventajas y desventajas

Según Hernández Rivadeneyra et al., (2017), el sistema de agricultura orgánica trata de maximizar el manejo de los recursos naturales, favoreciendo intrínsecamente la fertilidad de los suelos, la biodiversidad y la salud de los ecosistemas agrícola, mediante el reciclado y aprovechamiento de nutrientes provenientes de material vegetal y animal que ha sufrido una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas, (Rojas-Pérez, Palma-López, Salgado-García, Obrador-Olán, & Arreola-Enríquez, 2020). Uno de los productos resultantes del reciclaje de la materia orgánica es la obtención de abonos líquidos, tales como bioles, lixiviados de lombriz y test de compost (Soto, 2003).

La fertilización orgánica es recomendable para tierras sometidas a un cultivo intenso, para López-Mtz et al., (2001), el uso de estos abonos presenta las siguientes ventajas:

- Mejora la estructura y la salud del suelo.
- Según la cantidad aplicada aumenta el contenido de materia orgánica.
- Existe un incremento en la capacidad de retención de humedad.
- Aumento de pH, de potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg).
- Dentro de las propiedades físicas del suelo existe una mejora en la infiltración de agua, en la estructura del suelo y en la conductividad hidráulica, hay una disminución de la densidad aparente y de la tasa de evaporación, la correcta aplicación de este tipo de fertilización promueve un mejor estado fitosanitario de las plantas (López-Mtz, Díaz Estrada, Martínez Rubin, & Valdez Cepeda, 2001).

Según Hernández Rivadeneyra et al., (2017), las ventajas del empleo de la fertilización orgánica en la producción de los cultivos son las siguientes:

- Su uso regula muchos procesos relacionados con la productividad agrícola.
- Pueden ser usados como sustrato o medio de cultivo, como mulch o cobertura, lo que mantendría o mejoraría los niveles originales de materia orgánica permitiendo que el cultivo tenga a disposición nutrientes esenciales.
- Mayor desarrollo radicular y vigorosidad en los cultivos dónde es aplicado, por lo que existe mayor superficie de absorción de nutrientes, además que el uso de fertilizantes orgánicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico, favoreciendo una mejor asimilación de nutrientes.
- Los cultivos favorecidos con abono orgánicos necesitan menor tiempo para llegar a producir, además que generan cosechas más abundantes y de muy buena calidad, además de mantenerse de manera sostenible.

A pesar de las ventajas de la fertilización orgánica, también existen algunas desventajas, uno de los principales inconvenientes es la variabilidad en la composición y la disponibilidad de nutrientes. El exceso del uso de abonos orgánicos puede producir problemas en suelos y cultivos. Al igual que con cualquier tipo de fertilización se debe aplicar las 4C: fuente correcta, dosis correcta, tiempo y lugar correcto (Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014).

Por otro lado, la fertilización inorgánica tiene la ventaja de proporcionar nutrientes de manera más rápida y en formas más concentradas, los fertilizantes inorgánicos son más fáciles de aplicar y proporcionan nutrientes en formas más disponibles para las plantas; sin embargo, entre las desventajas, se tienen: los fertilizantes inorgánicos pueden ser perjudiciales para el medio ambiente si se usan en exceso, no mejoran la estructura del suelo ni aumentan la retención de agua y nutrientes, lo que puede afectar la calidad del suelo a largo plazo (Symborg, 2021).

Tanto la fertilización orgánica como inorgánica tienen ventajas y desventajas, la elección del método de fertilización dependerá de las necesidades específicas de cada cultivo y de las condiciones del suelo (Enriquez Haro, 2021). Es importante considerar los beneficios y las limitaciones de cada método para tomar una decisión informada y sostenible, tomando en cuenta que una fertilización racional debería conjugar el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos que se complementen (García, Lucerna Marotta, Ruano Criado, & Nogales García, 2009).

### **3.3.3. Biol de Bovinaza**

El biol es un abono orgánico líquido producto de la descomposición anaeróbica de desechos animales (heces de bovinos, cerdos y aves) y vegetales (hojas de otras plantaciones, frutas, etc.), si se filtra se puede utilizar el líquido como fertilizante foliar (Alvarado Franco, 2015), radicular (Cabos Sánchez, Bardales Vásquez, León Torres, & Gil Ramírez, 2019) o puede ser utilizado vertiéndolo sobre el suelo directamente (Martí Herrero, 2013).

El proceso de fabricación de los bioles es una técnica cuyo objetivo es el incremento de la cantidad y la calidad de la cosechas, es fácil y barato de elaborar ya que se utilizan desechos combinados con agua, esta mezcla se colocan para su fermentación anaerobia en un sistema cerrado, provisto de una salida de gases, durante un período de tiempo determinado (1-4 meses) (Rojas-Pérez, Palma-López, Salgado-García, Obrador-Olán, & Arreola-Enríquez, 2020), Álvarez, (2010), afirma que se le puede agregar complementos como: chancaca (panela), levadura, leche, ceniza y hojas de leguminosas, para añadir efectos extras al biol por ejemplo el de repelente de insectos.

El biol de bovinaza, por tanto, es un biofertilizante líquido orgánico que puede ser utilizado en una gran diversidad de cultivos, principalmente en leguminosas, hortalizas, frutales,

tubérculos, gramíneas, entre otros, además que su aplicación no está limitada ya que puede aplicarse al follaje, al suelo e incluso a la floración (Condori Vargas, Ruíz Huanca, Ticona Guanto, & Chipana Mendoza, 2018).

Alvarado Franco (2015) cita a Toalambo (2013), quien indica que la función principal del biol dentro de la planta es fortalecer el equilibrio nutricional para activar los mecanismos de defensa, alimentando a la planta con ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, carbohidratos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, etc. Además, se ha reportado que el biol protege contra los insectos y permite recuperar las plantas afectadas por la helada (Martí Herrero, 2013), otro de los beneficios del biol ayuda a mejorar la calidad del suelo y a reducir la contaminación ambiental. En la tabla 3 se muestra la concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que podría tener un biol durante su biodigestión:

**Tabla 3.**

*Concentración de NPK (mg l<sup>-1</sup>) en el biol durante el proceso de biodigestión*

<b>DIAS</b>	<b>N (mg.L<sup>-1</sup>)</b>	<b>P (mg. l<sup>-1</sup>)</b>	<b>K (mg. l<sup>-1</sup>)</b>
0	13700	556,72	2504,8
15	500	157,6	259,1
30	2100	202,8	741,8
45	10200	86,56	1103,8

*Nota:* Adaptado de “Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo”, por Cabos Sánchez et al., 2019, *Arnaldoa*, 26(3).

Feicán Mejía, (2011) recomienda las siguientes dosis de aplicación del biol:

- Si el biol se aplica al suelo, este debe ser colocado en forma de Drench, cada 15 días, en dosis de 4 litros por 100 litros de agua (si la conductividad eléctrica es alta debe diluirse).
- Si la aplicación es al follaje se deben utilizar 2 litros de biol disueltos en 100 de agua, cada 15 días.

Según Gálvez Torres et. al, (2019) la fertilización con biol de subproductos de caña de azúcar en lechuga, en dosis de 1000 ml por 200 l de agua produjeron rendimientos de hasta 12.02 tm ha<sup>-1</sup> sin que haya diferencia estadística con tratamientos de dosis menores.

#### **3.3.4. Extracto de algas**

En la agricultura desde el año 1980 se vienen utilizando extractos comerciales de algas marinas, son empleados como bioestimulantes para el crecimiento del cultivo, transformándose en una alternativa orgánica al alto consumo de agroquímicos (Espinosa- Anton, Hernández - Herrera, & González - González, 2020).

El extracto de algas esta principalmente compuesto por *Sargassum wightii* y *Cauterpa chemmitzia*, puede ser utilizado diluido, como extracto líquido o en polvo, además que puede ser aplicado vía foliar o directamente al suelo (Zermeño Gozález, et al., 2015).

Chojnacka et al., (2012) manifiestan que los extractos de algas son mezclas de compuestos bioactivos, que se pueden obtener de diferentes maneras, incluyendo la hidrólisis ácida, la extracción alcalina, la extracción con solventes y la digestión enzimática. En general, el proceso de producción implica la ruptura celular de las algas y la liberación de los compuestos bioactivos que se encuentran en su interior., principalmente:

- Polisacáridos: como alginatos, carragenanos y fucoidanos.
- Compuestos fenólicos: como ácido fucóico, ácido algínico, y florotaninos.
- Pigmentos: como clorofila, fucoxantina, y carotenoides.
- Vitaminas: como vitamina C, vitamina E y vitaminas del complejo B.
- Minerales: como yodo, calcio, hierro, magnesio y potasio.

La aplicación de estos compuestos bioactivos que se encuentran presentes en el extracto de algas, genera una amplia variedad de respuestas positivas en el sistema planta – suelo (Espinosa- Anton, Hernández - Herrera, & González - González, 2020).

En la agricultura se presentan muchos beneficios, Pérez-Madruga et al., (2020), reporta incremento de biomasa, área foliar y contenido de materia seca con la aplicación de 10 g l<sup>-1</sup> de extractos de algas; en cebolla (*Allium cepa* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L), y ají (*Capsicum spp*) se incrementaron las tasas de crecimiento en todos los parámetros, con efectos similares en fenogreco (*Trigonella foenum-graecum* L.), espinaca (*Spinacea oleracea* L.) y cilantro (*Coriandrum sativum* L). Por su parte, en sus artículos Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annum*) y Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero, Salazar-Salazar et al., (2022), muestra un efecto sinérgico entre aspersiones foliares de extracto de algas + fertilización foliar en el número de frutos y rendimiento total en pimiento (*Capsicum annum* L.), y en número de frutos por planta y totales en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. Así mismo Chulde Minda, (2019), reporta mayor número de tallos y mayor producción en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. cv Superchola) con tratamiento sinérgico de 100% de la recomendación de fertilización de NPK + aplicación foliar de extracto de algas de 5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>. En lechuga (*Lactuca sativa* L.) se han obtenido buenos

resultados al adicionar extracto de algas al cultivo, se ha observado un incremento del 18.5% en altura, 14% en clorofila, 10% en peso de hojas y 62% en peso de raíz, en comparación al uso únicamente de urea (Juárez-Rangel, Solis - Oba, Castro - Rivera, Romero-Rodríguez, & Pacheco-Rodríguez, 2021).

El uso de extracto de algas trae beneficios también al suelo, debido a la gran cantidad de sustancias biológicamente activas tales como, minerales, coloides mucilaginosos: agar, manitol y también ácido algínico, que son sustancias que permiten el mantener la humedad y nutrientes en las capas superiores del suelo (Zermeño Gozález, et al., 2015).

### **3.3.5. Lixiviado de humus**

El vermicompostaje es un proceso de oxidación biológica, en donde se degrada materia orgánica por medio del uso combinado de lombrices y microorganismos, la biooxidación se la realiza en condiciones aerobias y a temperatura ambiente, obteniéndose un producto final estabilizado (Villegas-Cornelio & Laines Canepa, 2017).

Los desechos utilizados para el vermicompostaje deben incluir cuatro elementos principalmente: residuos verdes que son aquellos que en su composición tienen alto contenido de carbono, es decir son principalmente restos de alimentos, residuos cafés que prácticamente son plantas secas, el tercer elemento es el agua y el último el oxígeno (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2021).

Los residuos que no han sido digeridos por la lombriz son eliminados en las heces y ese producto es conocido como humus de lombriz, el lixiviado de humus es prácticamente el residuo líquido de la producción de humus (Martínez-Scott & Ruiz-Hernández, 2018).

El humus de lombriz, o vermicompost puede manejarse para la nutrición de las plantas tanto en forma sólida como humus propiamente dicho o, en su forma líquida como té de humus o lixiviados de humus (Fundación Produce Sinaloa, 2016).

El lixiviado de humus puede prepararse mezclando una parte de vermicompost y cinco partes de agua potable, la mezcla se reposa por 48 horas y se filtra (Casco e Iglesias, 2005, citado por Rodríguez-Fernández, (2017). Por su parte Canelas (2002) citado en Jaramillo Andy, (2018), menciona que el humus líquido se trata de la fracción soluble del vermicompost en un medio alcalino, el mismo que contiene parte de las huminas y los ácidos húmicos, úlmicos y fúlvicos presentes.

En cuanto se refiere a la composición mineral del lixiviado del humus de lombriz, Palacios Valenzuela et al., (2021), mencionan que existe una gran variación tanto en la composición mineral como microbiológica en dependencia del sustrato utilizado en los lombricarios.

En el caso de hortalizas de hoja, Cadena Loayza, (2014), que evaluó aplicaciones al suelo (fertilización radicular) y al follaje (fertilización foliar) manifiesta que, para el caso de la espinaca (*Spinacea oleracea* L.), el tratamiento que mejor rendimiento provee es el de la aplicación foliar de 293 l ha<sup>-1</sup> de una solución formada por una parte de lixiviado en cuatro partes de agua. En quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) también se han hecho estudios aplicando solución al follaje obteniéndose una buena respuesta agronómica del cultivo, y esto derivó en una mayor altura de la planta y un mejor rendimiento (Conde Flores, Huaycho Cruz, & Cruz Choque , 2017).

Cabe mencionar que el beneficio principal del uso de lixiviado de lombriz es que para su elaboración se utiliza basura, que es uno de los grandes males que tenemos actualmente en

el planeta, ayudando a reducir la carga de la misma, mientras que se elabora productos que ayudan tanto a la planta como al suelo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2021), entre las ventajas tenemos:

La contribución de lixiviado de humus al suelo:

- Aumento en el suelo de microflora y microfauna beneficiosa.
- Reducción de la conductividad en suelos salinos gracias al agrupamiento de arcillas.
- Balancea y corrige el pH de suelos ácidos llevándolos a pH que oscilan entre 5,7 y 7,8.
- Ayuda a reducir la contaminación del suelo debido al uso indiscriminado de agroquímicos.

Beneficios al cultivo que presenta el uso de lixiviado de humus:

- Estimula el desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular.
- Presenta elementos nutritivos solubilizados y en condiciones aptas para ser aprovechados por las plantas.
- Controla el dumping off, gracias a su pH cercano a 7, evitando así el desarrollo de hongos patógenos.
- En la rizósfera, ayuda a disminuir la presencia y actividad de áfidos y de otros parásitos dañinos para el cultivo.

### **3.3.6. Polifosfitos**

Si bien la literatura sobre polifosfitos en aplicaciones agrícolas es escasa, se ha identificado que los fosfitos son productos de naturaleza orgánica, producidos por calcinación de huesos y por tanto ricos en calcio y fósforo (Restrepo Rivera & Hensel, 2013) bajo estas condiciones, el fósforo queda libre y con alta disponibilidad para la absorción vegetal, pudiendo,

según los mismos autores, ser aplicado en todos los estados fenológicos, siendo óptimo para el fortalecimiento y desarrollo de las plantas proporcionándoles un vigoroso crecimiento. Además de sus propiedades como fertilizante puede ser usado como fungistático. Los fosfitos en la actualidad están posicionándose como bioestimulantes permitiendo mejorar la absorción de nutrientes, su asimilación y su tolerancia al estrés (Gómez-Merino y Trejo-Téllez (2015).

Gómez-Merino y Trejo-Téllez (2015) plantean que el mecanismo del fosfito que produce la bioestimulación se basa en la incorporación al metabolismo vegetal por rutas diferentes a como lo hace el fosfato. El fosfito estimula “reacciones bioquímicas que dan lugar a los aminoácidos esenciales, ácido indolacético, ácido salicílico, fenoles, fitoalexinas, antioxidantes, lignina y tolerancia al estrés abiótico”. Mencionan además que los fosfitos también promueven el desarrollo de la raíz y que, gracias al mecanismo de transporte tanto por la xilema como por el floema, se puede aplicar radicular o foliarmente, pudiendo incluso inyectarse directamente al tronco en frutales. Para Bertsch et al., (2009), los fosfitos en la lechuga producen mejoramiento tanto en el peso seco de la biomasa, mejoramiento del área foliar y mayor contenido de fósforo en la planta entera.

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

A continuación, se listan los materiales que se utilizaron para la ejecución de la presente investigación:

##### 4.1.1. Materiales

- Herramienta manual
- Bomba de fumigar
- Fertilizantes orgánicos
- Jeringas para dosificación de productos
- Rótulos
- Marcador permanente
- Etiquetas

##### 4.1.2. Insumos

- Agua
- Biol de Bovinaza
- Extracto de algas
- Lixiviado de humus
- Polifosfito

##### 4.1.3. Materiales biológicos

- Plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. cv BG Crespá)

#### 4.1.4. Materiales de gabinete

- Computador
- Impresora
- Papel

#### 4.2. Métodos

La metodología empleada en el presente estudio se detalla a continuación

##### 4.2.1. Localización del área de estudio

El ensayo experimental de la tesis Fertilización orgánica en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) se realizó en la finca Doña Nely, en San Antonio de Mira, provincia del Carchi. La tabla 4 y la figura 1 muestran la ubicación del experimento.

**Tabla 4.**

*Ubicación del experimento.*

Provincia	Carchi
Cantón	Mira
Parroquia	Mira
Sector	San Antonio
Latitud	0,563015°N
Longitud	-78,013200°W
Altitud (m. s n m)	2340

## Figura 1.

*Ubicación del lugar del experimento*



*Nota.* Adaptado de Google Earth (2023)

### **4.2.2. Diseño experimental**

Para establecer y evaluar los resultados de la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en un arreglo factorial (AxB) +1. El factor A corresponde a los cuatro fertilizantes orgánicos, el factor B corresponde a tres dosis sumando a esto un testigo, dando un total de trece tratamientos y tres repeticiones con un total de 39 unidades experimentales; para conocer el mejor tratamiento, se realizó la comparación múltiple

de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para los datos obtenidos.

La tabla 5 muestra el esquema del ANOVA que se utilizó en este trabajo.

**Tabla 5.**

*Esquema del ANOVA*

	<b>FV</b>	<b>GL</b>
<i>Total</i>		38
<i>Tratamientos</i>		12
<i>Bloques</i>		3
<i>Factor A Fertilizantes (F)</i>		2
<i>Factor B Dosis (D)</i>		6
<i>Interacción AxB</i>		3
<i>Testigo vs resto</i>		2
<i>Error experimental</i>		24

El factor A lo constituyen cuatro fertilizantes orgánicos: Biol de Bovinaza, Extracto de algas, Lixiviado de humus, Polifosfito. El factor B lo constituyen las dosis de dichos fertilizantes:  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ,  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ , y  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  aplicados en cada uno de los fertilizantes arriba descritos. El tratamiento adicional corresponde al testigo, sin fertilización adicional, totalizando 13 tratamientos. Su nomenclatura se visualiza en la tabla 6.

**Tabla 6.***Tratamientos evaluados.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
T1	F1D1	Biol Bovinaza; 0,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T2	F1D2	Biol Bovinaza; 1 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T3	F1D3	Biol Bovinaza; 1,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T4	F2D1	Extracto de alga; 0,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T5	F2D2	Extracto de alga; 1 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T6	F2D3	Extracto de alga; 1,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T7	F3D1	Lixiviado de humus 0,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T8	F3D2	Lixiviado de humus 1 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T9	F3D3	Lixiviado de humus 1,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T10	F4D1	Polifosfito 0,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T11	F4D2	Polifosfito 1 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T12	F4D3	Polifosfito 1,5 cm <sup>3</sup> l <sup>-1</sup>
T13	Testigo	Sin ingrediente

#### **4.2.3. Unidad experimental**

Para la investigación, ejecutada totalmente en campo, se contó con 39 unidades experimentales. Cada unidad experimental, estaba constituida por una parcela de 40 plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. cv BG Crespá).

#### **4.2.4. Variables en estudio**

Las variables independientes (factores en estudio) y las dependientes son las siguientes:

#### **4.2.4.1. Variables Independientes (Factores de estudio)**

Los factores en estudio manejados por el investigador, es decir las variables independientes la constituyen dos factores: el tipo de fertilizante orgánico utilizado (Factor A) y las dosis de los mismos (Factor B). Los estados de las variables independientes mencionadas son los siguientes:

Factor A (Fertilizante)

- Utilización del fertilizante Biol de Bovinaza
- Utilización del fertilizante Extracto de algas
- Utilización del fertilizante Lixiviado de humus
- Utilización del fertilizante Polifosfito

Factor B (Dosis)

- 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>
- 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>
- 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>

#### **4.2.4.2. Variables dependientes**

Las variables dependientes, obtenidas por la aplicación del experimento conciernen a los parámetros agronómicos y productivos de la Lechuga (*Lactuca sativa* L. cv BG Crespa) después de recibir el beneficio de los factores en estudio y medidos al momento de la cosecha son:

- Peso fresco
- Peso seco

- Altura de la planta
- Número de hojas
- Rendimiento.

#### **4.2.5. Procesamiento de datos**

Se elaboró una base de datos de todas las unidades experimentales del estudio con los respectivos valores de las variables a evaluar. El procesamiento de datos se desarrolló mediante la aplicación del software XLSTAT identificador b167273-bf0f-472b-a655-46d80-39fd975 (Lumivero, 2023). Los resultados se analizaron con la herramienta Análisis de Varianza. Se aplicó pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza. Al encontrar diferencias significativas se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

#### **4.2.6. Manejo específico del experimento**

##### **4.2.6.1. Establecimiento del experimento**

Se preparó el terreno con herramienta manual dejando el suelo bien mullido y con una uniformidad suficiente como para el establecimiento del ensayo. Con un flexómetro se determinan los sitios donde se colocan las plántulas y así se trazó el diseño experimental en el terreno como se muestra en Gabriel et.al, (2020). Se colocaron tres bloques longitudinales considerando la pendiente como muestra. Cada unidad experimental tuvo un área de  $4\text{m}^2$  (2m x 2m).

Se realizó el sorteo de los tratamientos para colocarlos en cada uno de los tres bloques dispuestos en el terreno. Se tuvo el cuidado de colocar 40 plántulas en cada parcela experimental, distribuidas en 5 hileras o surcos de 8 plantas cada uno, como se observa en el anexo 1.

#### **4.2.6.2. Labores culturales desarrolladas.**

Se procuró mantener el suelo a capacidad de campo, regando con los mismos volúmenes de agua a cada planta y parcela. Se realizaron deshierbas manuales para evitar la competencia del cultivo con las plantas arvenses, procedimientos descritos en Carrasco y Sandoval, (2016). No se realizaron controles fitosanitarios que pudieran interferir con los resultados del experimento.

#### **4.2.6.3. Aplicación de los fertilizantes.**

Se preparó la fertilización de acuerdo a lo especificado en la tabla 6, colocando el fertilizante en cada planta, la fertilización se efectuó cada 15 días. En el anexo 2 se puede observar la aplicación del fertilizante en el ensayo.

#### **4.2.6.4. Cosecha y levantamiento de la información.**

Se procedió a cosechar y levantar la información de las variables dependientes que se utilizaron en el análisis estadístico. Se tuvo la precaución de eliminar el efecto de borde (Gabriel, Castro, Valverde, & Indacochea, 2020) que pudiera distorsionar los datos, es decir se eliminó una planta alrededor de cada unidad experimental, quedando un total de plantas evaluadas de

18 en cada unidad experimental. Las variables medidas, registradas y tabuladas se encuentran registradas en la tabla 7:

**Tabla 7.**

*Metodología para la medición de las variables y toma de datos experimentales*

<b>Variable</b>	<b>Obtención y tabulación de los datos</b>
Número de hojas	Se contó el número total de hojas de cada unidad experimental neta. Se registró este dato en el libro de campo. Daza et.al, (2015)
Longitud de hojas	Se midió con una regla o flexómetro la longitud de las hojas de las plantas de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) de cada unidad experimental neta y se obtuvo el promedio. Se registró este dato en el libro de campo. Arcos et.al., (2011)
Altura de la planta	Se midió la hoja más larga de cada planta, que, en este caso, por ser lechuga de hoja es el equivalente a la altura de la planta y se obtuvo el promedio de cada unidad experimental. Se registró este dato en el libro de campo. Arcos et.al., (2011)
Peso de la lechuga	Se tomó el peso de cada unidad experimental neta y se registró este peso en el libro de campo. Arcos et.al., (2011)
Rendimiento	Esta variable se calculó generalizando la variable anterior, tomando en cuenta el área cosechada, a kg ha <sup>-1</sup> . No se realizó análisis estadístico. Arcos et.al., (2011)

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **5.1. Determinación de la efectividad de la dosis y tipo de fertilizante orgánico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv BG Crespa).**

- **5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza**

Una vez procesados los datos se procedió a la realización de la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk, obteniendo valores de (p-value >0,05); para las variables que presentaron valores de p-value <0,05, los datos no normales se transformaron por medio Raíz X, Log 10 y Arco\_Sen0, una vez más se aplicó a la variable no normal la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene; demostrando homogeneidad de varianza para posteriormente aplicar el ANOVA. Los datos se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8.***Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes*

<i>Variables</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Shapiro test</i>	<i>Valor p</i>	<i>Datos transformados</i>			<i>Levene test</i>	
						<i>p-valor Raíz X</i>	<i>p-valor Log 10</i>	<i>p-valor Arc sen</i>	<i>F (valor crítico)</i>	<i>p-valor (bilateral)</i>
<i>Peso fresco (g)</i>	39	192,90	52,311	0,942	<b>0,044</b>	0,058	0,072	0,072	<0,0001	0,040
<i>Peso seco (g)</i>	39	59,58	16,573	0,962	0,214				<0,0001	0,117
<i>Altura de planta (cm)</i>	39	11,74	1,645	0,955	0,121				<0,0001	0,015
<i>Número de hojas</i>	39	27,79	4,556	0,960	0,183				<0,0001	0,006
<i>Rendimiento (t. ha<sup>-1</sup>)</i>	39	43,86	11,980	0,954	0,110				<0,0001	0,038

*Nota.* Shapiro-Wilk test p-value >0,05: los datos provienen de distribución normal; p-value <0,05: los datos no provienen de distribución normal, se realiza prueba Levene de homogeneidad de varianza.

## 5.2. Análisis estadístico de las variables

- 5.2.1. Variables
- Peso fresco

En la tabla 9 que se presenta a continuación, se observa los resultados del análisis de varianza de la variable peso fresco, con datos (transformados) tomados al momento de la cosecha.

**Tabla 9.**

*Análisis de varianza para la variable peso fresco de planta a los 55 días*

Peso fresco a los 55 días (g)				
FV	GL	CM	F. cal	
Total	38	3,80		
Tratamientos	12	11,92	331,21	***
Bloques	2	0,26	7,26	**
Factor A Fertilizantes (F)	3	30,05	835,19	***
Factor B Dosis (D)	2	0,01	0,29	ns
Interacción AxB	6	0,06	1,61	ns
Testigo vs resto	1	52,48	1458,78	***
Error experimental	24	0,04		
Promedio (g)			192,90	
CV (%)			1,38	

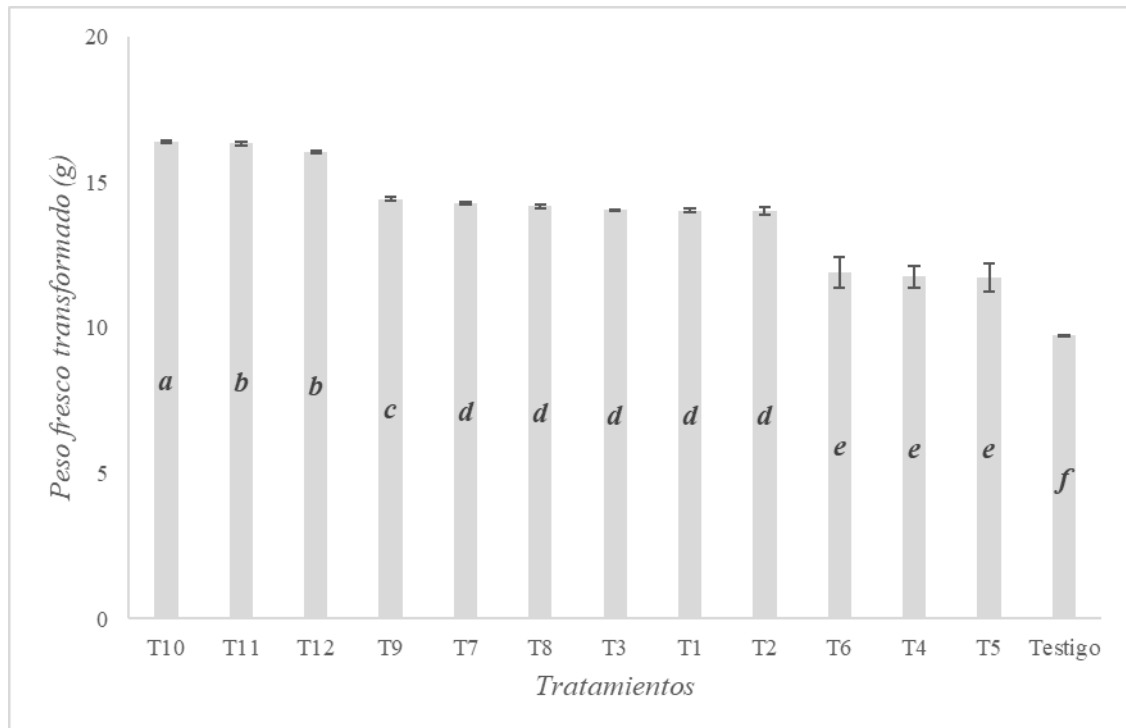
*Nota:* F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

Al realizar el análisis estadístico de los datos correspondientes a la variable peso fresco de la planta a los 55 días, momento de la cosecha, el análisis de varianza permite ver diferencias

altamente significativas entre tratamientos, como se muestra en la tabla 9. Se visualiza también diferencias significativas entre bloques lo que permite discernir que uno de los bloques presentó una variabilidad mayor debido a factores exógenos en la parcela experimental posiblemente debido a la pendiente y a las características del suelo. El análisis de los factores (Fertilizantes y Dosis) muestra que existen diferencias altamente significativas debidas a la utilización de los fertilizantes orgánicos. No sucede lo mismo respecto a la utilización de las dosis, en donde no existe diferencias significativas. Así mismo la interacción entre fertilizantes y dosis tampoco presentó diferencias. En el contraste realizado entre el testigo vs el resto de tratamientos también se observan diferencias altamente significativas lo que permite plantear, a primera vista, que una fertilización a cualquiera de las dosis planteadas hace diferencia contra la no aplicación de fertilización. Se observa un promedio de 192,90 g (valor original) de peso fresco de la lechuga y un coeficiente de variación del 1,38% lo que indica la poca variabilidad del experimento respecto del promedio.

**Figura 2.**

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso fresco para tratamientos



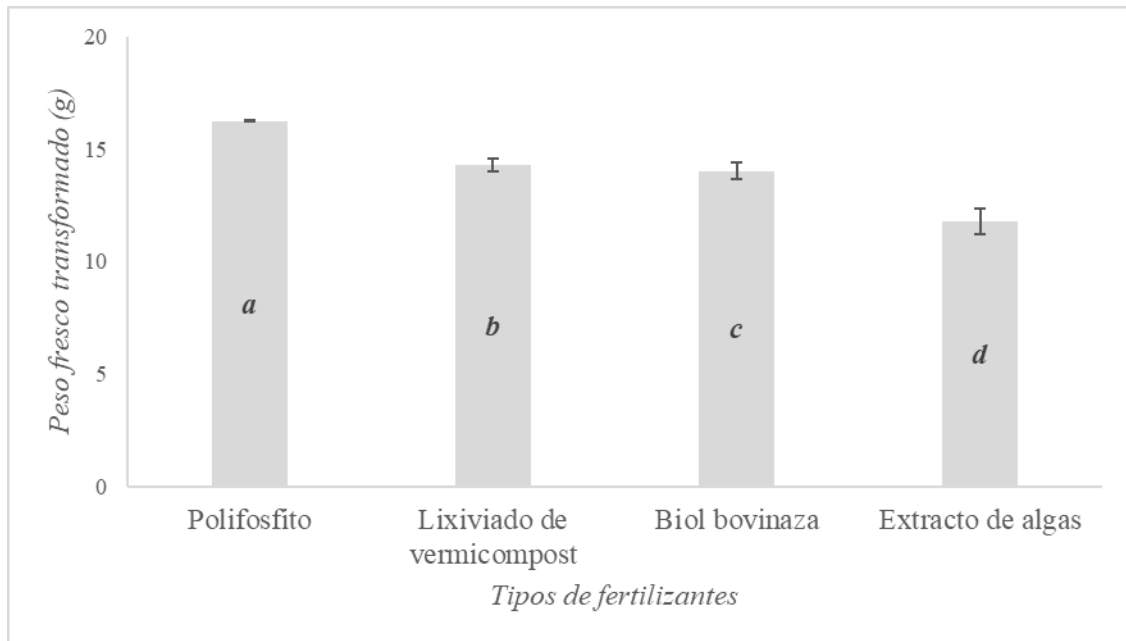
Nota: T1=tratamiento 1 Biol Bovinaza;  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T2=tratamiento 2 Biol Bovinaza;  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T3=tratamiento 3 Biol Bovinaza;  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T4=tratamiento 4 Extracto de alga;  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T5=tratamiento 5 Extracto de alga;  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T6=tratamiento 6 Extracto de alga;  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T7=tratamiento 7 Lixiviado de humus  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T8=tratamiento 8 Lixiviado de humus  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T9=tratamiento 9 Lixiviado de humus  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T10=tratamiento 10 Polifosfito  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T11=tratamiento 11 Polifosfito  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T12=tratamiento 12 Polifosfito  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; Testigo=tratamiento sin fertilización.

En la Figura 2, la prueba de comparación múltiple de promedios por Tukey al 5%; muestra la existencia de seis rangos de significancia bien definidos desde el rango *a* hasta el *f*. En el rango *a* se ubica el tratamiento T10 (Polifosfito  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) con un valor promedio de 269,06 g de peso de la lechuga, considerándose el mejor tratamiento. El siguiente rango, el *b* lo conforman los tratamientos T11 (Polifosfito  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) y T12 (Polifosfito  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) con valores de peso fresco de la lechuga de 266,51 y 257,32 g respectivamente; el rango *c* está formado por el tratamiento T9 (Lixiviado de humus  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) con 207,99 g de promedio de peso fresco de

la lechuga. El rango *d* lo forman los tratamientos T7, T8, T3, T1 y T2 (Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup> y Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup> respectivamente) en ese orden, con valores promedio entre 203,64 y 196,63 g de peso de las lechugas sin que exista diferencia estadística entre ellos. De igual forma el rango *e* se presentó con los tratamientos T6, T4 y T5 con promedios entre 141,5 y 137,12 g de peso fresco de lechuga. Finalmente, el testigo rango *f* con 94,8 g de peso fresco promedio de las lechugas y se considera el tratamiento menos efectivo. En esta variable, los mejores tratamientos son aquellos en los que se ha utilizado polifosfitos. Estos resultados confirman lo expuesto por Gómez-Merino y Trejo-Téllez (2015) quienes mencionan que los fosfitos estimulan varias reacciones bioquímicas productoras de aminoácidos esenciales (elementos formadores de proteínas) y fitohormonas, además de mejorar las raíces de las plantas. Sin embargo, se puede observar un efecto inversamente proporcional pues el mejor tratamiento es el más bajo en fosfito y los siguientes son los que tienen dosis más altas. Este efecto ya fue detectado por Thao et al., (2009) quienes han recomendado en hidroponía un máximo de 0,3 mM, nivel sobre el cual el crecimiento comienza a descender. Estrada Ortiz (2014) en cambio refuta a los anteriores ya que encontró resultados que difieren de lo expresado por ellos no encontrando diferencia a nivel estadístico con tres niveles de fosfitos, aunque numéricamente se vea una relación proporcionalmente directa entre la concentración y el peso fresco

**Figura 3.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes*

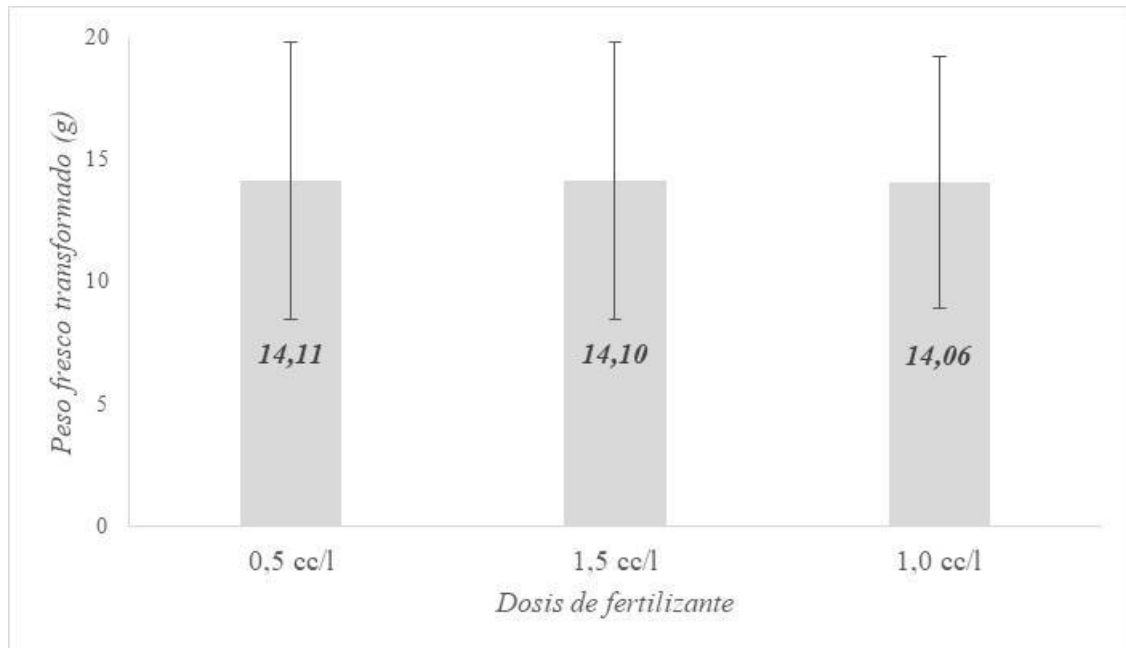


*Nota:* Fertilizantes orgánicos utilizados a diversas concentraciones

La figura 3 muestra la comparación múltiple de Tukey de promedios (transformados) del factor de estudio fertilizante. Se observa que el rango a es ocupado por el fertilizante polifosfito con un promedio de 264,30 g; el rango b lo ocupa el fertilizante lixiviado de vermicompost con promedio de 204,17g; en el rango c se ubica el fertilizante biol de bovinaza con 196,86 g de promedio y en el rango d se puede ver al fertilizante extracto de algas con 138,97 g. Para Bertsch et al., (2009), el enriquecimiento de la fertilización fosforada con fracciones en forma de fosfitos, si bien ha producido un incremento significativo en el índice de crecimiento relativo de follaje de lechugas hidropónicas, también ha afectado negativamente a la raíz y al follaje. Para Chinga et al., (2020), una dilución de lixiviado de vermicompost 1/20 mejora los parámetros de crecimiento en algodón (*Gossypum hirsutum*).

**Figura 4.**

*Ordenamiento de promedios del factor dosis*



*Nota:* Dosis de fertilizantes; cc/l =  $\text{cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$

El mismo análisis desarrollado para el otro factor del arreglo, la dosis, permite visualizar que no existe diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas, por tanto, en el gráfico de la figura 4, se presenta el ordenamiento de los promedios, todos dentro de un mismo rango sin diferencia estadística entre ellos. En primer lugar, la dosis de  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  con 14,11 g; a continuación, la de  $1.5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  con promedio de 14,10 g y, por último, la dosis de  $1.0 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  con un promedio de 14,06 gr. Los promedios mencionados corresponden a los datos transformados mediante raíz cuadrada de  $x$ . Resulta por lo menos interesante ver que la dosis más pequeña en general ha producido numéricamente (aunque no estadísticamente) mayor peso vivo. En el caso de los fosfitos, Villegas Torres (2016) menciona que según Thao y Yamakawa, (2009), el fosfito no tiene efectos benéficos sobre plantas sanas. Por su parte Chinga et al.,

(2020) han mostrado que no existe diferencia significativa entre lixiviado de vermicompost a concentraciones de 1/20 o 1/30 en volumen aplicados al algodónero.

- **Peso seco**

En la tabla 10 se observa los resultados del análisis de varianza de la variable peso seco, con datos tomados después del procesamiento.

**Tabla 10.**

*Análisis de varianza para la variable peso seco de planta*

<b>Peso seco (g)</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F. cal</b>	
<b>Total</b>	38	274,68		
<b>Tratamientos</b>	12	855,77	189,44	***
<b>Bloques</b>	2	30,08	6,66	**
<b>Factor A Fertilizantes (F)</b>	3	2251,64	498,43	***
<b>Factor B Dosis (D)</b>	2	14,89	3,30	ns
<b>AxB</b>	6	3,28	0,73	ns
<b>Testigo vs resto</b>	1	3464,89	767,00	***
<b>Error experimental</b>	24	4,52		
<b>Promedio (g)</b>			59,58	
<b>CV (%)</b>			3,57	

*Nota:* F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, \*: Diferencia significativa, \*\* y \*\*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

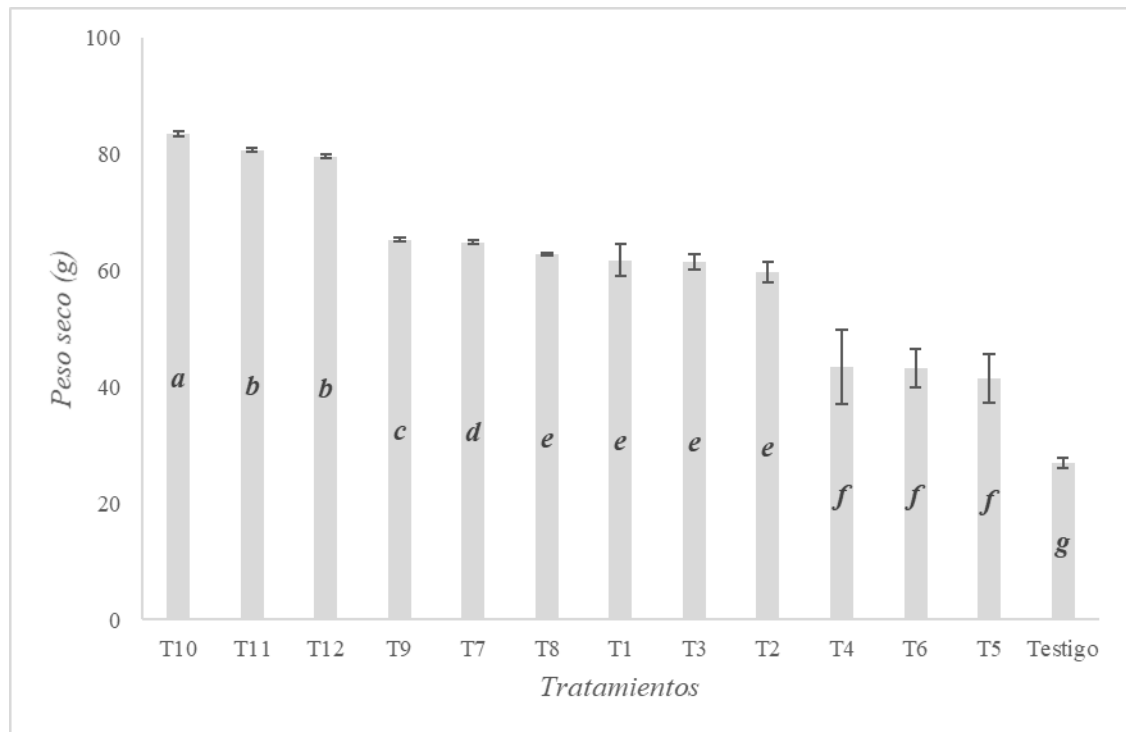
Al realizar el análisis estadístico de los datos correspondientes a la variable peso seco de la planta tomados después del proceso de secado, el ANOVA descubre diferencias altamente significativas entre los tratamientos, como se aprecia en la tabla 10. Además, se visualiza también diferencias significativas al 5% entre bloques esto quiere decir que la elección de este

diseño experimental fue conveniente debido a que se ha presentado diferencias entre bloques. Esto puede ser debido a las condiciones ligeramente heterogéneas entre los lugares que se ubicaron los bloques posiblemente debido a las características del suelo y pendiente. En el arreglo factorial utilizado, el análisis ha permitido examinar los factores fertilizante y dosis, y también su interacción. Aquí se observa que existen diferencias altamente significativas producidas por la utilización de los varios fertilizantes orgánicos. Con las dosis no sucede igual, pues el análisis no detecta diferencias significativas. Lo mismo sucede con la interacción entre los dos factores.

Se analizó además el contraste entre el testigo versus los demás tratamientos. Este análisis mostró diferencias altamente significativas por lo que en un primer acercamiento permite plantear, que cualquier fertilización sin importar la dosis hace diferencia contra un cultivo sin aporte de fertilizante. Se observa un promedio de 59,58 g y un coeficiente de variación del 3,57% razón que supone un buen manejo del experimento.

**Figura 5.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable peso seco para tratamientos.*



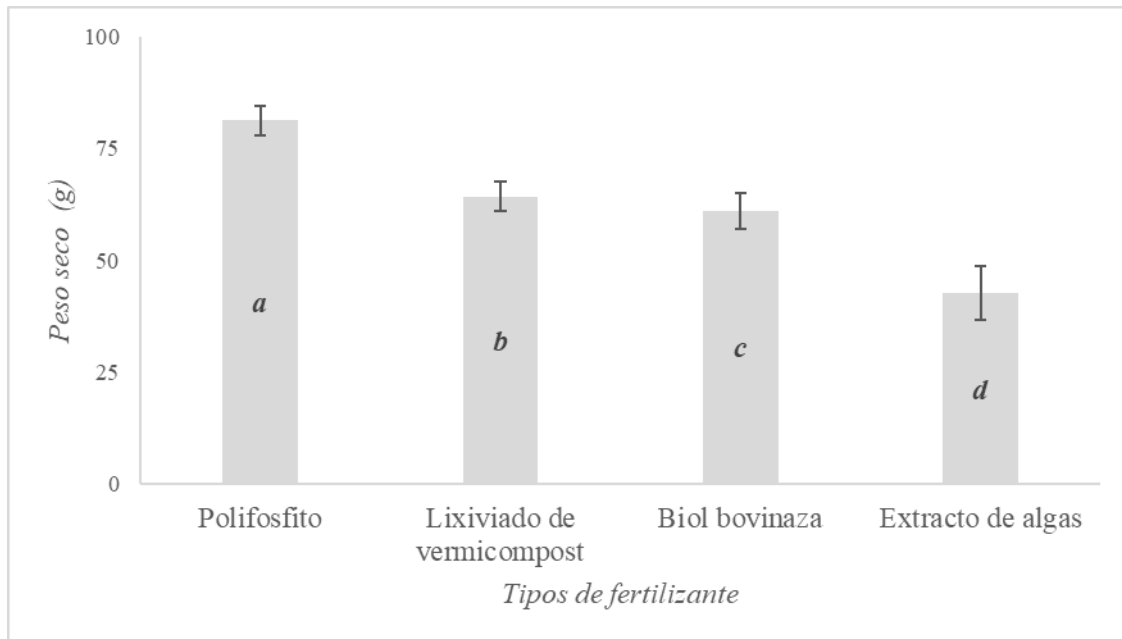
*Nota:* T1=tratamiento 1 Biol Bovinaza;  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T2=tratamiento 2 Biol Bovinaza;  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T3=tratamiento 3 Biol Bovinaza;  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T4=tratamiento 4 Extracto de alga;  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T5=tratamiento 5 Extracto de alga;  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T6=tratamiento 6 Extracto de alga;  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T7=tratamiento 7 Lixiviado de humus  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T8=tratamiento 8 Lixiviado de humus  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T9=tratamiento 9 Lixiviado de humus  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T10=tratamiento 10 Polifosfito  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T11=tratamiento 11 Polifosfito  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; T12=tratamiento 12 Polifosfito  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ; Testigo=tratamiento sin fertilización.

Como se muestra en la figura 5, la comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable peso seco, organizados de mayor a menor, permite verificar la presencia de seis rangos bien diferenciados. El único tratamiento que se ubica en el rango *a* es T10 (Polifosfito  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) con un promedio de peso seco de 83,46 g considerándose el mejor. El rango *b* lo forman los tratamientos T11 (Polifosfito  $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) y T12 (Polifosfito  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ ) con valores de peso seco de 80,69 g y 79,57 g, que desde el punto de vista estadístico no tienen diferencia entre

ellos. El rango *c* lo compone por sí solo el tratamiento T9 (Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con un promedio de 65,32 g. Así mismo el rango *d* tiene un único tratamiento, el T7 (Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) cuyo promedio es 64,82 g. El rango *e* se forma con cuatro tratamientos, T8 (Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T1 (Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T3 (Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T2 (Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), con valores entre 62,74 g y 59,75 g sin que exista diferencia estadística entre ellos. El rango *f* se forma con los tratamientos T4 (Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T6 (Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T5 (Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con pesos secos de 43,42, 43,12 y 41,41 g con las mismas consideraciones de diferencia estadística anteriores. Finalmente, el testigo conforma por sí solo el rango *d* con un peso seco promedio de 26,93 g. Al igual que en la variable anterior los tratamientos en donde se utilizó polifosfitos resultaron ocupar el mejor rango en el análisis, si bien Bertsch et al., (2009), manifiestan que los fosfitos en la lechuga producen mejoramiento en el peso seco de la biomasa, sin embargo, Estrada Ortiz (2010), indica que no ha observado efectos significativos de la aplicación de fosfitos sobre el peso seco, aunque por otro lado, detectó niveles de pH, conductividad y antocianinas más altos en las hojas de fresa (*Fragaria sp*). Ávila (2011) citado por Villegas (2016), menciona que la sustitución del 25% de fosfatos por fosfitos disminuyó la cantidad de materia seca de las plantas de cultivadas de maíz (*Zea mays*), pero no mostró efecto alguno en las plantas que se cultivaron con bajo aporte de fosfatos. Un análisis adicional de los datos tabulados de las variables peso fresco y peso seco de la presente investigación muestra que no existen diferencias en el porcentaje de materia seca entre los tratamientos, valores que se encuentran entre el 31 a 33%, salvo el testigo, que llega a un 35%.

**Figura 6.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes*



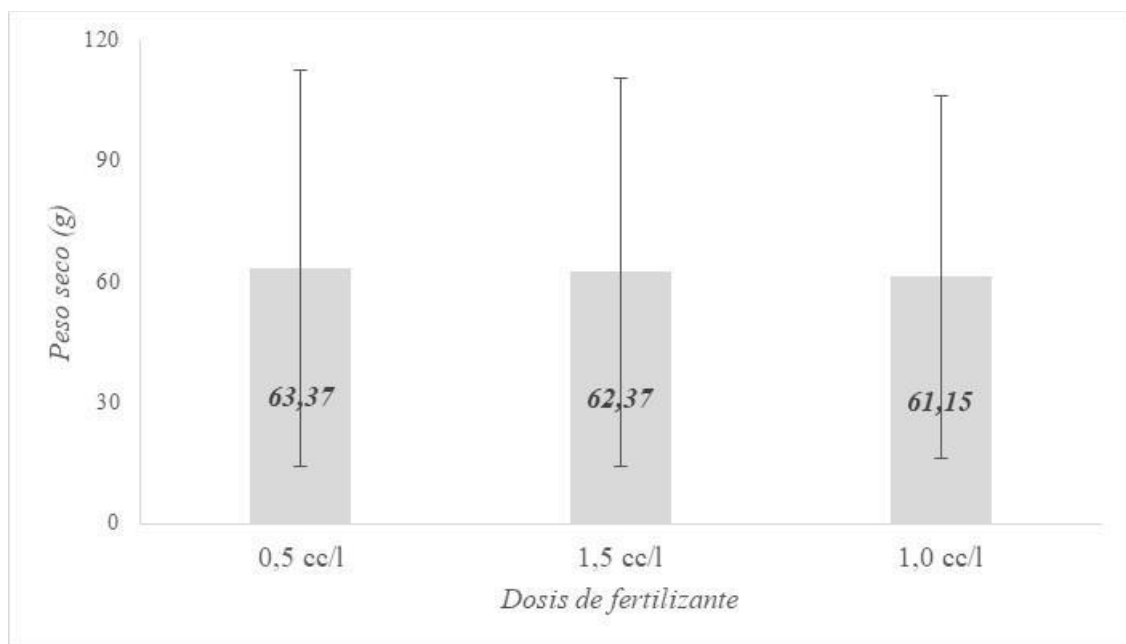
*Nota:* Fertilizantes orgánicos utilizados a diversas concentraciones

La figura 6 permite observar los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey con los promedios para el factor fertilizante. Como se observa, el primer rango, el *a*, es ocupado por el fertilizante polifosfito con un promedio de 81,24 g. Los rangos *b*, *c* y *d* son ocupados por los fertilizantes: lixiviado de vermicompost (64,29 g), biol de bovinaza (61,01 g) y extracto de algas (42,65 g) respectivamente. Como se manifestó en el factor fertilizante, los valores de peso seco se encuentran entre el 30-32% del peso fresco excepto los testigos (alrededor del 35%). Schroetter et al., (2006) registraron que plantas de maíz (*Zea mays*) con suficiencia de P no mostraron diferencias significativas al aplicar fosfito, respecto al Testigo y a las tratadas con fosfato, refutando lo que menciona Estrada Ortiz (2010) que las plantas sin

fosfito exhibieron las mayores cantidades de materia seca, y a medida que se incrementó el porcentaje de fosfitos se redujo la materia seca de vástago en fresa (*Fragaria sp*).

**Figura 7.**

*Ordenamiento de promedios del factor dosis*



*Nota:* Dosis de fertilizantes;  $\text{cm}^3 \text{l}^{-1}$

En la figura 7 se presenta los resultados de la aplicación del mismo proceso para el factor dosis. El análisis permite verificar que no existe diferencias significativas entre las dosis aplicadas, es así que el gráfico muestra el ordenamiento de los promedios, todos dentro de un mismo rango. Ordenados de mayor a menor se observa la dosis de  $0,5 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  con un promedio de 63,37 g, la dosis de  $1,5 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  con un promedio de 62,37 g, y la dosis de  $1,0 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  con promedio de 61,15 g. Al igual que con la variable anterior, las dosis aplicadas no encuentran diferencias significativas, posiblemente debido a que más que como fertilizantes orgánicos

actúan como bioestimulantes, como lo manifiesta Recalde (2021) quien menciona que los resultados de la aplicación de diferentes dosis de extracto de alga *Scenedesmus sp.* muestran diferencias en peso de las hojas de lechuga (*Lactuca sp*) frente a un testigo, pero poca diferencia entre los tratamientos con dosis aplicadas de 40, 80 y 120 x 10<sup>4</sup> células ml<sup>-1</sup>. Sin embargo, continúa, en pruebas de germinación, los tratamientos inoculados no mostraron efecto sobre el porcentaje de germinación, pero sí sobre la longitud radicular comparado con un testigo.

- **Altura de la planta**

Es necesario aclarar que, como el cultivo en estudio se trata de lechuga de hoja, la variable altura de planta es equivalente a la variable largo de hojas debido a las características de la planta de presentar hojas sésiles. Se realizó el ANOVA de los datos relacionados a la variable altura de la planta. Los resultados se presentan en la tabla 11.

**Tabla 11.***Análisis de varianza para la variable altura de planta a los 55 días*

<b>Altura de planta a los 55 días (cm)</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F. cal</b>	
<b>Total</b>	38	2,71		
<b>Tratamientos</b>	12	6,50	8,13	***
<b>Bloques</b>	2	2,81	3,52	*
<b>Factor A Fertilizantes (F)</b>	3	12,71	15,89	***
<b>Factor B Dosis (D)</b>	2	0,78	0,98	ns
<b>FxD</b>	6	1,22	1,53	ns
<b>Testigo vs resto</b>	1	30,99	38,76	***
<b>Error experimental</b>	24	0,80		
<b>Promedio (cm)</b>			11,74	
<b>CV (%)</b>			7,62	

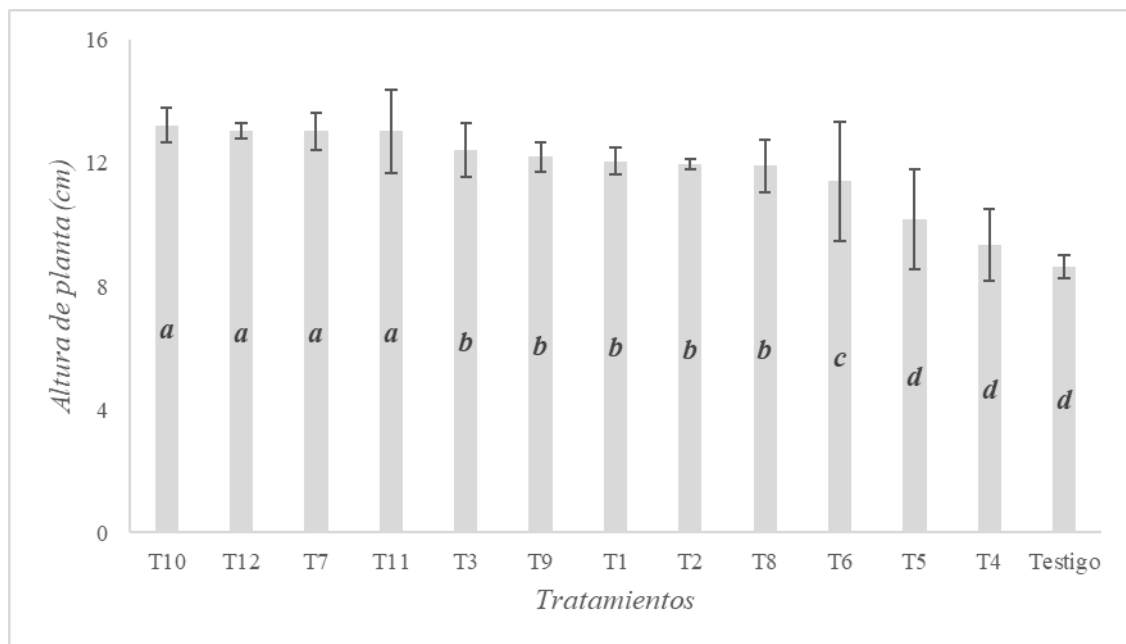
*Nota:* F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos. Se visualiza también diferencias significativas al 5% entre bloques lo que significa que en la parcela experimental fue adecuada su implementación presentando entre ellos diferencias posiblemente debido a la pendiente y a las características edáficas. El análisis de los factores del arreglo, permite descubrir la existencia de diferencias altamente significativas en la utilización de los diferentes fertilizantes orgánicos, no así respecto a la utilización de las varias dosis. La interacción entre fertilizantes y dosis no presenta diferencias significativas. En el contraste realizado entre el testigo vs el resto de tratamientos también se observan diferencias altamente significativas lo que permite plantear, a primera vista, que una fertilización a cualquiera de las

dosis planteadas hace diferencia contra la no aplicación de fertilización. Se observa un promedio de 11,74 cm y un coeficiente de variación del 7,62%

**Figura 8.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable altura de planta para tratamientos.*



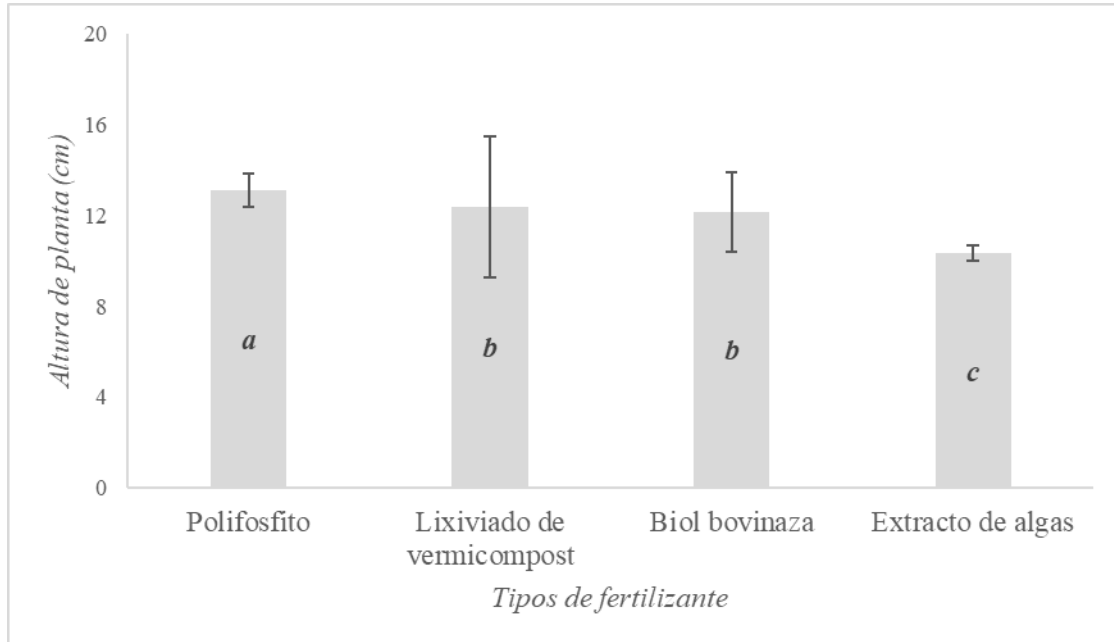
*Nota:* T1=tratamiento 1 Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T2=tratamiento 2 Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T3=tratamiento 3 Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T4=tratamiento 4 Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T5=tratamiento 5 Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T6=tratamiento 6 Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T7=tratamiento 7 Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T8=tratamiento 8 Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T9=tratamiento 9 Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T10=tratamiento 10 Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T11=tratamiento 11 Polifosfito 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T12=tratamiento 12 Polifosfito 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Testigo=tratamiento sin fertilización.

La figura 8 muestra la jerarquización de los tratamientos en este ensayo, que se realizó mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey con los promedios de la variable alto de planta. El análisis funcional permite verificar la presencia de cuatro rangos desde la *a* hasta la *d*, todos perfectamente definidos. El rango *a* contiene los tratamientos T10 (Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup>

$l^{-1}$ ), T12 (Polifosfito  $1,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ), T7 (Lixiviado de humus  $0,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) y T11 (Polifosfito  $1 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) con promedios de 13,24, 13,05, 13,05 y 13,04 cm respectivamente, sin que entre tratamientos de la misma letra exista diferencia significativa. Con esa misma premisa, los tratamientos T3 (Biol Bovinaza;  $1,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ), T9 (Lixiviado de humus  $1,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ), T1 (Biol Bovinaza;  $0,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ), T2 (Biol Bovinaza;  $1 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) y T8 (Lixiviado de humus  $1 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) coparticipan del rango *b* con valores promedio de tamaños entre 12,43 y 11,91 cm. El tratamiento T6 (Extracto de alga;  $1,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) con un promedio de 11,41 cm forma por si solo el rango *c*. En el grupo *d*, se asocian los tratamientos T5 (Extracto de alga;  $1 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ), T4 (Extracto de alga;  $0,5 \text{ cm}^3 l^{-1}$ ) y el testigo, con valores promedio entre 10,18 y 8,65 cm sin que entre ellos exista diferencia significativa. Se observa entonces que los mejores tratamientos en esta variable son los que contienen polifosfitos. Los resultados obtenidos coinciden con lo expresado por Bertsch et al., (2009) quienes describen un incremento de biomasa en las lechugas tratadas con fosfitos bajo condiciones de acuaponía. Thao et al., (2009), mencionan que el fosfito no tiene ningún efecto estimulante sobre el crecimiento de plantas sanas, incluso cuando se utiliza en combinación con fosfatos. Sin embargo, la fertilización fosfatada previa a la aplicación de fosfito puede minimizar el efecto dañino sobre el crecimiento de las plantas. Para Alemán-Chávez et al., (2022), los tratamientos fertilizados con lixiviados de heces equinas presentaron diferencias significativas en altura de planta, tanto en lechuga (*Lactuca sp.*) como en acelga (*Beta vulgaris*) contra un testigo.

**Figura 9.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes*



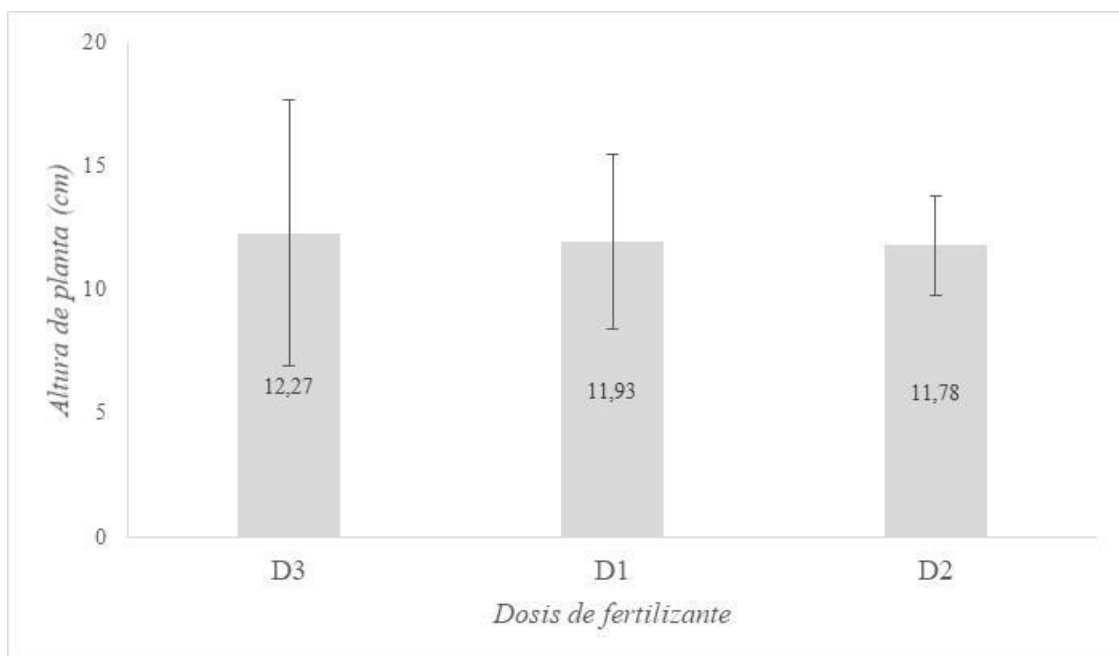
*Nota:* Fertilizantes orgánicos utilizados a diversas concentraciones

En la figura 9 se exhibe la comparación múltiple de promedios para el factor fertilizante, realizado por medio de una prueba de Tukey al 5%. Se observan tres rangos: el rango *a*, es ocupado por el fertilizante polifosfito con un promedio de 13,11 cm. El rango *b* lo conforman los fertilizantes lixiviados de vermicompost y biol de bovinaza con promedios de 12,39 y 12,16 cm. El rango *c* es ocupado por el fertilizante extracto de algas con un promedio de 10,32 cm. Según Tapia (2019), los productos basados en fosfito potásico, a varias concentraciones incluso en tratamientos enriquecidos con ácidos húmicos y fúlvicos no presentaron diferencias significativas y fueron iguales o inferiores a un producto complejo de macro y micronutrientes quelatados+ ácidos húmicos+ fitohormonas+ vitaminas en cuanto a altura de planta y largo de la panícula en cultivo de arroz (*Oryza sativa*) de secano. Vásquez Proaño (2012), al evaluar el

tamaño de planta de ryegrass (*Lolium perenne*) demostró que la fertilización orgánica con compost es superior a los otros tres tratamientos de su investigación (bokashi, biol y té de estiércol) que no presentaron diferencias significativas entre ellos.

**Figura 10.**

*Ordenamiento de promedios del factor dosis*



*Nota:* Dosis de fertilizantes;  $\text{cc/l} = \text{cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$

En lo que respecta al factor *B* (dosis) también se desarrolló la prueba de rango múltiple. Sin embargo, al no haber diferencias significativas, en la figura 10 se presenta el ordenamiento de promedios de las tres dosis. En primer lugar, se ubica la dosis  $1,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  (D3) con 12,27 cm de promedio; a continuación, la dosis de  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  (D1) con 11,93 cm y finalmente la dosis de  $1,0 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$  (D2) con 11,78 cm de altura de planta.

- **Número de Hojas**

La tabla 12, que se presenta a continuación, demuestra los resultados del análisis estadístico de la variable número de hojas, tomada a la cosecha.

**Tabla 12.**

*Análisis de varianza para la variable número de hojas*

<b>Número de hojas</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F. cal</b>	
<b>Total</b>	38	20,76		
<b>Tratamientos</b>	12	61,14	93,45	***
<b>Bloques</b>	2	19,71	30,12	***
<b>Factor A Fertilizantes (F)</b>	3	201,35	307,74	***
<b>Factor B Dosis (D)</b>	2	3,17	4,85	*
<b>AxB</b>	6	6,31	9,65	***
<b>Testigo vs resto</b>	1	85,47	130,63	***
<b>Error experimental</b>	24	0,65		
<b>Promedio (cm)</b>			27,79	
<b>CV (%)</b>			2,91	

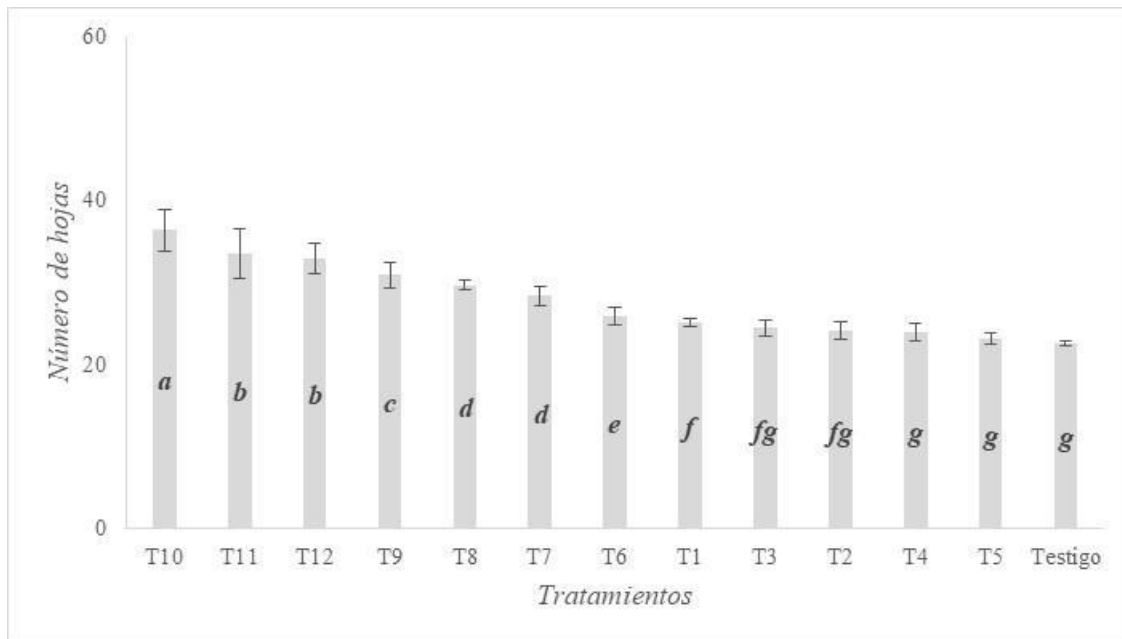
*Nota:* F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

El ANOVA permite observar diferencias altamente significativas entre tratamientos. También se observan diferencias altamente significativas entre bloques lo que indica que el área experimental presentaba heterogeneidad y la implementación de bloques fue propicia, presentando entre ellos diferencia de condiciones que no pueden ser manejadas por parte del investigador. En cuanto a los factores del arreglo, su análisis permitió inferir la existencia de diferencias altamente significativas en cuanto a la utilización de los fertilizantes orgánicos, y

diferencias al 5% en cuanto tiene que ver con la dosificación de los mismos. La interacción entre los dos factores del arreglo presenta también diferencias altamente significativas. En la comparación realizada entre los diferentes tratamientos y el testigo se han observado del mismo modo diferencias altamente significativas con lo que se infiere que la aplicación de cualquiera de las fertilizaciones propuestas hace diferencia contra un cultivo sin la aplicación de fertilizantes. Se observa un promedio de 27,79 cm y un coeficiente de variación del 2,91%

**Figura 11.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable número de hojas para tratamientos.*



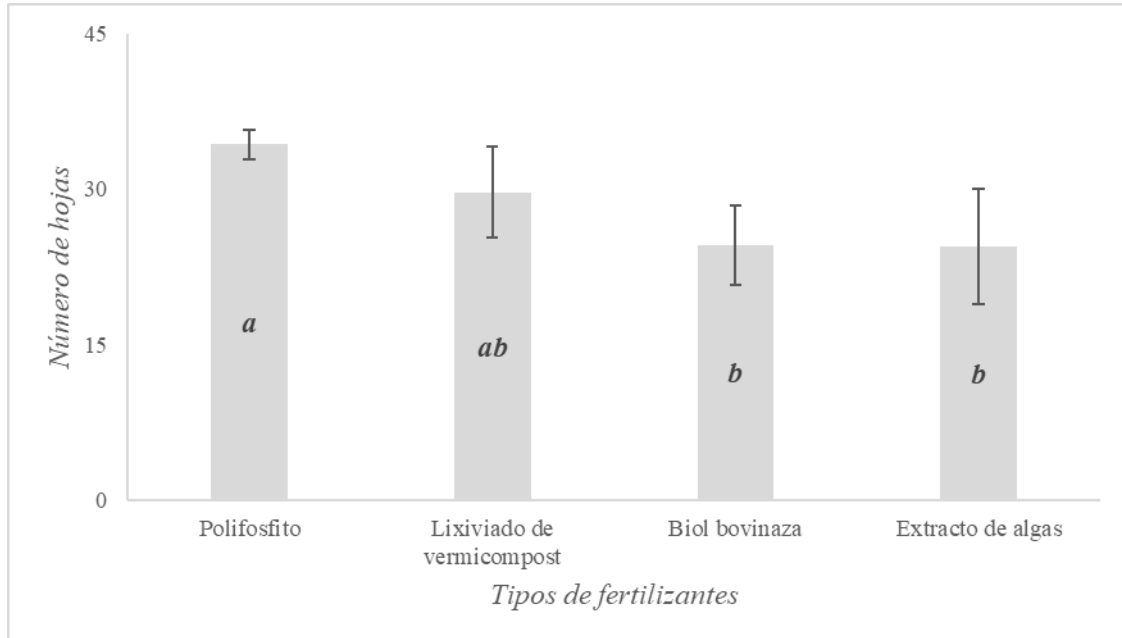
*Nota:* T1=tratamiento 1 Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T2=tratamiento 2 Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T3=tratamiento 3 Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T4=tratamiento 4 Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T5=tratamiento 5 Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T6=tratamiento 6 Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T7=tratamiento 7 Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T8=tratamiento 8 Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T9=tratamiento 9 Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T10=tratamiento 10 Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T11=tratamiento 11 Polifosfito 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T12=tratamiento 12 Polifosfito 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Testigo=tratamiento sin fertilización.

La figura 11 muestra el ordenamiento de los promedios de los tratamientos y el agrupamiento en rangos y por tanto la identificación de los mejores tratamientos en esta variable. El análisis funcional permite verificar la existencia de siete rangos desde la *a* hasta la *g*, cinco de ellos perfectamente definidos. El rango *a* contiene únicamente al tratamiento T10 (Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con un promedio de 36,40 hojas. En el rango *b* se ubican los tratamientos T11 (Polifosfito 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T12 (Polifosfito 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con promedios de 33,53 y 32,93 hojas. El

rango *c* se forma con solamente el tratamiento T9 (Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con un promedio de 30,93 hojas. El rango *d* formado con los tratamientos T8 (Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T7 (Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) muestran promedios de 29,67 y 28,40 hojas respectivamente. El tratamiento T6 (Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con un promedio de 26,00 hojas forma por si solo el rango *e*. El rango *f* que se traslapa con el rango *g* contiene a los tratamientos T1 (Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T3 (Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T2 (Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) en ese orden con valores que van desde 25,07 hasta 24,13 hojas, mientras el rango *g* que se traslapa el *f* contiene los tratamientos T3 (Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T2 (Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T4 (Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T5 (Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y el Testigo, con valores desde 24,47 hasta 22,67 hojas, sin que entre tratamientos de la misma letra exista diferencia significativa. Se observa así mismo que los mejores tratamientos en esta variable son también los que contienen fertilización por polifosfitos. Los resultados obtenidos coinciden con lo expresado por Bertsch et al., (2009) quienes describen un incremento de biomasa en las lechugas tratadas con fosfitos bajo condiciones de acuaponía. Para Estrada (2014), en cambio, la concentración de fosfitos mostró diferencias significativas en el número de hojas de plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) en cuyo ensayo se mostró una tendencia a la disminución del número de hojas conforme aumenta la dosis de fosfitos en estados iniciales de la planta, no presentando al final del ciclo diferencias significativas. De igual forma, Vásquez (2012), determinó que el número de hojas producidas en ryegrass (*Lolium perenne*) debido a la aplicación de compost (1 kg m<sup>-2</sup> en dos ocasiones) presentó diferencias significativas frente al bokashi (500 g m<sup>-2</sup> en dos ocasiones), biol (0,48 l m<sup>-2</sup> cada 15 días), y té de estiércol (0,48 l m<sup>-2</sup> cada 15 días).

**Figura 12.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizantes*



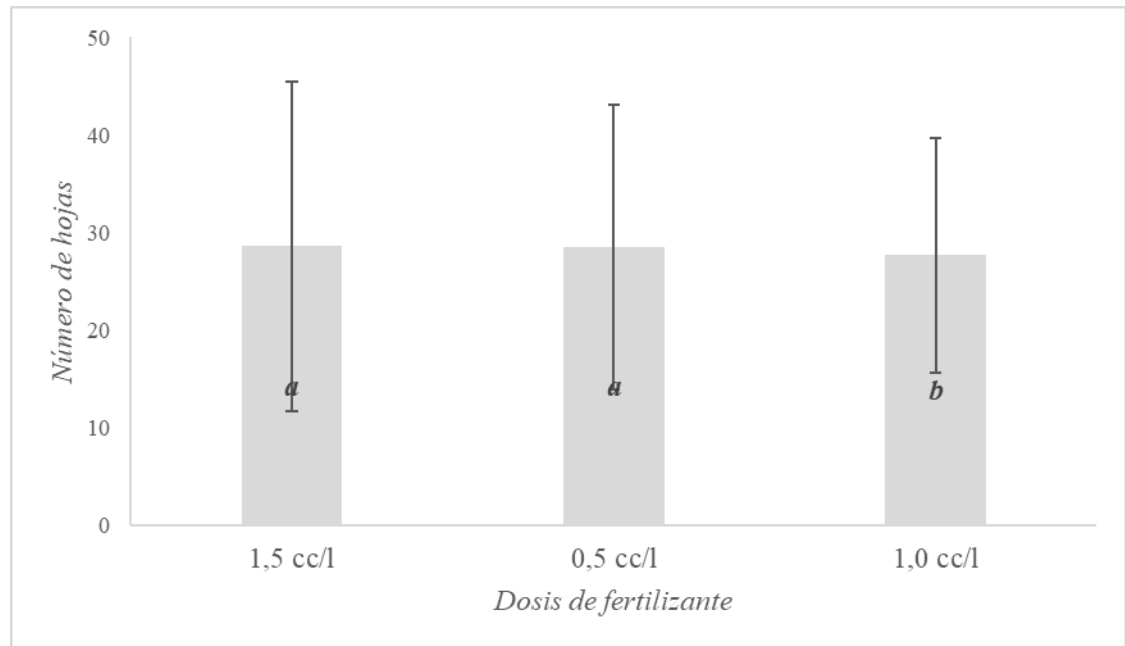
*Nota:* Fertilizantes orgánicos utilizados a diversas concentraciones

También se aplicó el procedimiento de comparación de múltiple de promedios a los factores del arreglo factorial. En la figura 12 se puede apreciar los resultados para el factor Fertilizante. Como se puede observar, el rango *a* es ocupado por los fertilizantes de polifosfito y lixiviado de vermicompost, con promedios de 34,29 y 29,67 hojas, aunque este último fertilizante se traslapa hacia el rango *b* que contiene a los demás fertilizantes en investigación: Biol bovinaza con 24,56 y Extracto de algas con 24,38 hojas respectivamente. Según Acosta (2019), una comparación entre biol de cuy y biol de aves aplicados en iguales cantidades, evaluados en la producción de número de hojas de rábanos (*Raphanus sativus*), mostró que el biol de aves es superior al de cuy, permaneciendo este último en el mismo rango del testigo.

Para Alemán-Chávez et al., (2022) el número de hojas en acelga (*Beta vulgaris*) mostró diferencias significativas al haber sido tratadas con lixiviado de heces equinas frente al testigo.

**Figura 13.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor dosis*



*Nota:* Dosis de fertilizantes;  $\text{cm}^3 \text{l}^{-1}$

Al igual que el anterior, se desarrolló la comparación múltiple de promedios de Tukey al 5% para el otro factor del arreglo: la dosis. La figura 13 expone la formación de dos rangos en cuanto se refiere a las dosis empleadas. El rango *a* reúne a las dosis de  $1,5 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  y  $0,5 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  con promedios de 28,58 y 28,45 hojas; y el rango *b* se forma con la dosis de  $1,0 \text{ cm}^3 \text{l}^{-1}$  con un promedio de 27,63 hojas. Para Urbina y Tosta (2018), el efecto de la fertilización con biol en el número de hojas en plántulas de café (*Coffea sp*) si bien presenta menor efecto que la fertilización sintética, se encuentra al mismo nivel de biofertilizantes multiminerales y muy superior a un testigo absoluto.

- **Rendimiento**

La variable rendimiento, como se explicó anteriormente fue trabajada en gabinete a partir del peso fresco y proyectada a t ha<sup>-1</sup>. La tabla 13 muestra los resultados del ANOVA aplicado a esta variable.

**Tabla 13.**

*Análisis de varianza para la variable rendimiento*

<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F. cal</b>	
<b>Total</b>	38	143,53		
<b>Tratamientos</b>	12	448,33	220,26	***
<b>Bloques</b>	2	12,67	6,22	**
<b>Factor A Fertilizantes (F)</b>	3	1248,44	613,34	***
<b>Factor B Dosis (D)</b>	2	0,74	0,36	ns
<b>AxB</b>	6	2,64	1,30	ns
<b>Testigo vs resto</b>	1	1617,34	794,58	***
<b>Error experimental</b>	24	2,04		
<b>Promedio (t ha<sup>-1</sup>)</b>			43,86	
<b>CV (%)</b>			3,25	

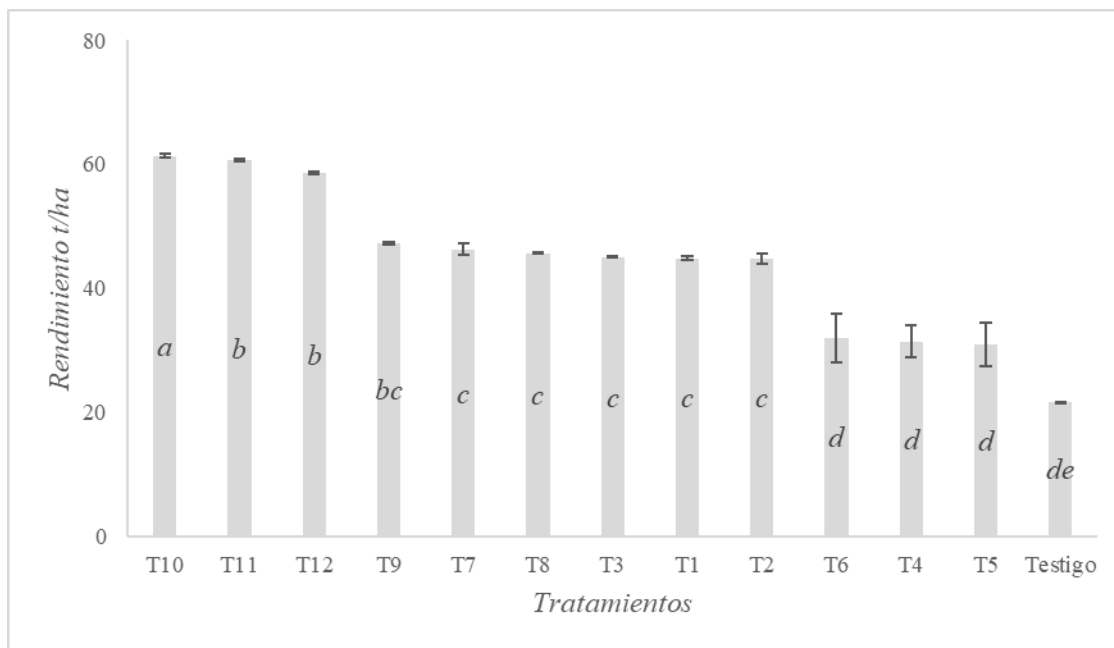
*Nota:* F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

El análisis de varianza permite ver diferencias altamente significativas entre tratamientos. Se visualiza también diferencias significativas al 1% entre bloques lo que permite discernir que fue adecuado el empleo del diseño de bloques al azar para las parcelas experimentales, presentando diferencias entre bloques posiblemente debido a la pendiente y a las características del suelo. Al analizar los factores del arreglo: fertilizantes y dosis, se puede

visualizar que existen diferencias altamente significativas debidas a la utilización de los diferentes fertilizantes orgánicos. No sucede lo mismo respecto a la utilización de las varias dosis, en donde no existe diferencias significativas. Así mismo la interacción entre fertilizantes y dosis tampoco presentó diferencias significativas. En el contraste realizado entre el testigo vs el resto de tratamientos también se observan diferencias altamente significativas lo que permite plantear, a primera vista, que una fertilización a cualquiera de las dosis planteadas hace diferencia contra la no aplicación de fertilización. Se observa un promedio de 43,86 t ha<sup>-1</sup> y un coeficiente de variación del 3,25% lo que demuestra que es un experimento muy bien manejado.

**Figura 14.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable rendimiento para tratamientos.*



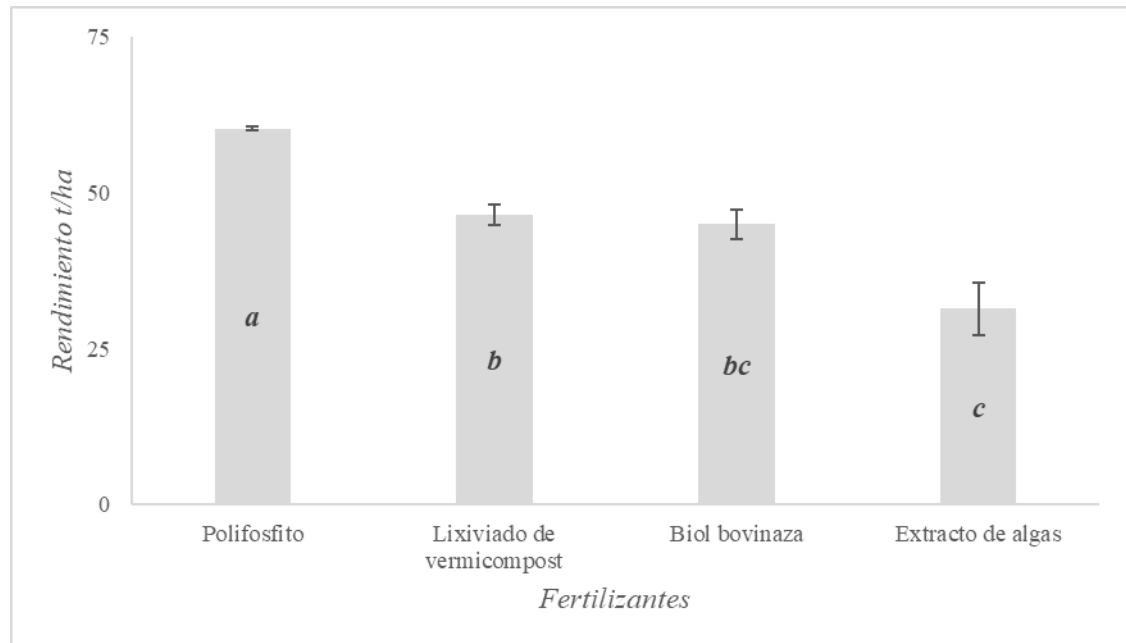
*Nota:* T1=tratamiento 1 Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T2=tratamiento 2 Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T3=tratamiento 3 Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T4=tratamiento 4 Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T5=tratamiento 5 Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T6=tratamiento 6 Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T7=tratamiento 7 Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T8=tratamiento 8 Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T9=tratamiento 9 Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T10=tratamiento 10 Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T11=tratamiento 11 Polifosfito 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; T12=tratamiento 12 Polifosfito 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>; Testigo=tratamiento sin fertilización.

La figura 14 presenta el resumen del análisis funcional realizado a través de la prueba de Tukey. Éste nos permite verificar la presencia de cinco rangos perfectamente diferenciados en donde se distribuyen los tratamientos, desde el rango *a* hasta el *e*. El primer rango (*a*) lo ocupa solamente el tratamiento T10 (Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con un valor de rendimiento calculado de 61,38 t ha<sup>-1</sup> considerándose éste el mejor tratamiento. El segundo rango (*b*) lo integran los tratamientos T11 (Polifosfito 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T12 (Polifosfito 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T9 (Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con valores de rendimiento que van desde 60,58 hasta 47,25 t ha<sup>-1</sup>;

tomándose en cuenta que T9 se traslapa con el rango *c*. El tercer rango (*c*) lo componen seis tratamientos: T9 (Lixiviado de humus 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T7 (Lixiviado de humus 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T8 (Lixiviado de humus 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T3 (Biol Bovinaza; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T1 (Biol Bovinaza; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y T2 (Biol Bovinaza; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) con rendimientos que oscilan entre 47,25 y 44,78 t ha<sup>-1</sup>, sin diferencia significativa entre ellos. El rango *d* se compone de los tratamientos T6 (Extracto de alga; 1,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T4 (Extracto de alga; 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>), T5 (Extracto de alga; 1 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) y el testigo, con valores promedio de rendimiento entre 31,93 y 21,55 t ha<sup>-1</sup>. Finalmente, el testigo, que traslapa también al rango *d* con un rendimiento promedio de 21,55 t ha<sup>-1</sup>, ocupa el rango *e* en solitario. Martínez (2020), reporta rendimientos de lechuga fertilizada en un ensayo factorial de variedad x fertilización de 57,25 t ha<sup>-1</sup> con fertilización orgánica y 56,04 t ha<sup>-1</sup> en el tratamiento de variedad Seda fertilizada con Humus más elementos menores (EM), sin diferencia significativa entre ellos, valores muy similares al rango *a* de esta investigación. El mismo autor reporta 51,85 t ha<sup>-1</sup> para fertilización con compost más EM y 48,85 t ha<sup>-1</sup> para humus más EM, ambos en variedad Seda. Por otro lado, Sevilla (2012), muestra valores de rendimiento diferentes, debido probablemente a densidad de siembra, sin embargo, manifiesta que en su ensayo, el mejor tratamiento fue el de lombrihumus de vaca, frente al de cerdo, cabra y combinaciones de los tres, alcanzando incluso mejores rendimientos que la fertilización con bokashi. Ramírez (2018), al igual que el anterior informa rendimientos a otras densidades de siembra, sin embargo, menciona como mejor tratamiento en fertilización orgánica con Te de lombricompost a 10 l ha<sup>-1</sup> por encima del mismo compuesto a dosis de 15 l ha<sup>-1</sup> y de tratamientos con Te de estiércol y de gallinaza.

**Figura 15.**

*Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% del factor fertilizante*



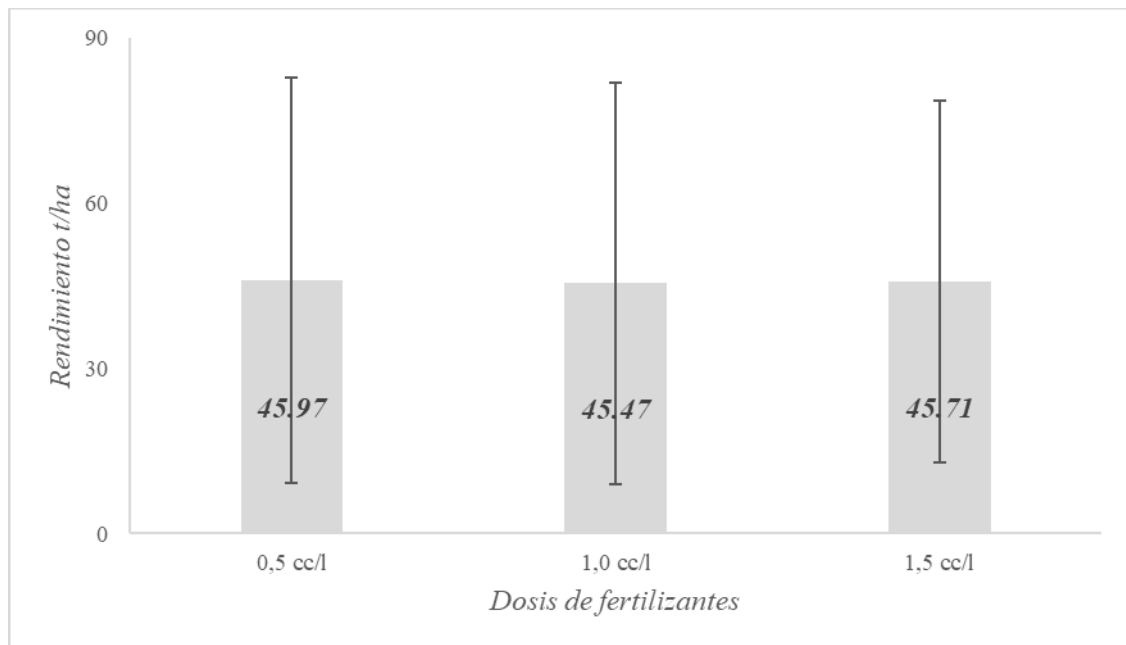
*Nota:* Fertilizantes orgánicos utilizados a diversas concentraciones

Se aplicó el mismo procedimiento para el ordenamiento y la jerarquización de los promedios obtenidos por aplicación de los factores del arreglo AxB. En la figura 15 se observa los resultados obtenidos para el factor fertilizante. Como se observa los fertilizantes se organizan en tres rangos. En el rango *a* se ubica en solitario la fertilización con polifosfitos con un rendimiento promedio de 60,21 t ha<sup>-1</sup>. En el rango *b* se encuentran las fertilizaciones con lixiviado de vermicompost y biol de bovinaza con promedios de 46,39 y 44,88 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, este último valor que se traslapa con el rango *c*, en el que también se encuentra el fertilizante extracto de algas con un rendimiento promedio de 31,40 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, Estrada (2010), indica que proporciones superiores al 20% de fosfito respecto al fosfato

disminuyen el rendimiento en frutales como la fresa comparados con la fertilización tradicional con fosfatos.

**Figura 16.**

*Ordenamiento de promedios del factor dosis*



*Nota:* Dosis de fertilizantes;  $\text{cm}^3 \text{l}^{-1}$

De la misma forma se desarrolló igual proceso con los datos correspondientes al factor restante (dosis). Los resultados se muestran en la figura 16, en donde se aprecia un solo rango que contiene a las tres dosis: En primer lugar, la dosis de  $0,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  con  $45,97 \text{ t ha}^{-1}$ ; a continuación, la de  $1,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  con promedio de  $45,71 \text{ t ha}^{-1}$  y, por último, la dosis de  $1,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  con un promedio de  $45,47 \text{ t ha}^{-1}$ .

### **5.3. Determinación de la relación beneficio costo de los tratamientos evaluados para la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv BG Crespa).**

Para determinar la relación Beneficio/Costo de los diferentes tratamientos de esta investigación, se ha procedido a elaborar una tabla con los Egresos e Ingresos del ensayo, extrapolados a un área de 1 ha considerado 7500 m<sup>2</sup> de cultivo y 2500 m<sup>2</sup> de área auxiliar (camino, canales etc.). Los precios de venta se obtuvieron de la Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista de Ambato (2023), sin embargo, se ha considerado que el precio pagado al productor es mucho menor que aquel, debido a costos de transporte y otros costos directos. En la tabla 14 se presentan los resultados del análisis en donde se observa que el tratamiento T10 (Polifosfito 0,5 cm<sup>3</sup> l<sup>-1</sup>) es el que presenta una mayor relación B/C con un valor de 10.90 US\$ de ganancia por cada US\$ de inversión.

**Tabla 14.***Análisis de la relación beneficio / costo de los tratamientos*

<b>1. COSTOS DE PRODUCCION</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>TESTIGO</b>
Preparación del terreno (USD ha <sup>-1</sup> )	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Desinfección del suelo (USD ha <sup>-1</sup> )	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Mano de Obra (USD ha <sup>-1</sup> )	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50
Insumos (USD ha <sup>-1</sup> )	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Planta (USD ha <sup>-1</sup> )	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00	1,923.00
Fertilizantes orgánicos (USD ha <sup>-1</sup> )	390.60	781.20	1,171.80	199.50	399.00	598.50	130.73	261.45	2,745.23	635.25	1,270.50	1,905.75	0.00
Mano de obra siembra (USD ha <sup>-1</sup> )	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50	187.50
Mano de obra fertilización (USD ha <sup>-1</sup> )	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00	525.00
Mano de obra Control FS (USD ha <sup>-1</sup> )	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Insumos (USD ha <sup>-1</sup> )	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00	110.00
Mano de obra cosecha (USD ha <sup>-1</sup> )	187.50	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Mano de obra postcosecha (USD ha <sup>-1</sup> )	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50	37.50
<b>TOTAL, DE COSTOS (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>3,833.60</b>	<b>4,119.20</b>	<b>4,509.80</b>	<b>3,537.50</b>	<b>3,737.00</b>	<b>3,936.50</b>	<b>3,468.73</b>	<b>3,599.45</b>	<b>6,083.23</b>	<b>3,973.25</b>	<b>4,608.50</b>	<b>5,243.75</b>	<b>3,338.00</b>
<b>2. INGRESOS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>	<b>T11</b>	<b>T12</b>	<b>TESTIGO</b>
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	44.86	44.78	45.00	31.41	30.85	31.93	46.23	45.68	47.25	61.38	60.58	58.66	21.55
Precio en mercado local (USD tm <sup>-1</sup> )	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00	770.00
Utilidad bruta (USD ha <sup>-1</sup> )	34539.63	34478.03	34647.43	24183.13	23757.07	24588.67	35599.67	35173.60	36379.93	47262.60	46646.60	45168.20	16593.50
<b>TOTAL, DE INGRESOS (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>34539.63</b>	<b>34478.03</b>	<b>34647.43</b>	<b>24183.13</b>	<b>23757.07</b>	<b>24588.67</b>	<b>35599.67</b>	<b>35173.60</b>	<b>36379.93</b>	<b>47262.60</b>	<b>46646.60</b>	<b>45168.20</b>	<b>16593.50</b>
<b>BENEFICIO NETO (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>30706.03</b>	<b>30358.83</b>	<b>30137.63</b>	<b>20645.63</b>	<b>20020.07</b>	<b>20652.17</b>	<b>32130.94</b>	<b>31574.15</b>	<b>30296.71</b>	<b>43289.35</b>	<b>42038.10</b>	<b>39924.45</b>	<b>13255.50</b>
<b>3. BENEFICIO/COSTO</b>	<b>8.01</b>	<b>7.37</b>	<b>6.68</b>	<b>5.84</b>	<b>5.36</b>	<b>5.25</b>	<b>9.26</b>	<b>8.77</b>	<b>4.98</b>	<b>10.90</b>	<b>9.12</b>	<b>7.61</b>	<b>3.97</b>

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- Con base al estudio presentado en este informe se puede afirmar que, el grupo de tratamientos que contienen polifosfitos han tenido el mejor desempeño en la fertilización de lechuga. Así mismo, los tratamientos que contienen lixiviado de humus demostraron un desempeño aceptable en cuanto a fertilización. Estos compuestos superan por mucho al testigo absoluto.
- Dentro del grupo de los polifosfitos el tratamiento mejor evaluado ha sido T10, que contiene la menor dosis de estos compuestos:  $0,5 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ . Las dosis mayores, con contenidos de  $1,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  y  $1,0 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  tuvieron un desempeño menor corroborando lo manifestado en otras investigaciones acerca de una posible toxicidad en dependencia de la dosis.
- Los tratamientos de extracto de algas, independientemente de la concentración producen resultados similares en la mayoría de variables, respaldando lo manifiesto en otras investigaciones que indican que dichos extractos actúan como fitorreguladores, activando probablemente algún complejo fisiológico en el receptor.
- Referente a la disgregación de los componentes del arreglo factorial se puede decir que en cuanto al factor A (Fertilización) evaluado en todas las variables, siempre se conservó de mejor a peor el orden; Polifosfitos, lixiviado de vermicompost, biol de bovinaza y

extracto de algas, manteniendo el primero diferencias significativas respecto a los demás.

- En el factor *B* (dosis) en cambio, a excepción de la variable número de hojas no existieron diferencias estadísticas entre ellas.
- El rendimiento calculado en t ha<sup>-1</sup> de los mejores tratamientos de la presente investigación es muy superior a los rendimientos encontrados en la literatura científica identificada.
- El análisis financiero muestra claramente que el tratamiento T10 es el que ofrece una mejor relación beneficio costo.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda al productor la utilización con criterio del tratamiento T10 que contiene  $0.5 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  de polifosfitos como fertilizante en el cultivo de lechuga de hoja.
- Debido al resultado referido en la segunda conclusión, se recomienda complementar la presente investigación proporcionando dosis menores a  $0.5 \text{ cm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$  de polifosfito, para determinar el punto de inflexión a partir de qué concentración de fosfitos el producto deja de comportarse como fertilizante y comienza a mostrar características fitotóxicas.
- Se recomienda también mayor investigación de las relaciones fósforo disponible/fosfito que se deberían seguir para una adecuada fertilización con este último componente.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se evalúe además los niveles de acidez tanto titulable como organoléptica, presentes en la hoja de lechuga o en frutas que empleen como fertilizantes polifosfitos
- Se recomienda la evaluación de peso y tamaño de raíces en cultivares que usen fertilización con polifosfitos, tanto en suelo como en hidroponía/acuaponía. Así mismo se evalúe la presencia y diversidad de complejos micorrízicos, en el primer caso, por ser en parte los responsables de disponibilizar el fósforo del suelo y debido a la característica del fosfito de actuar como fungicida o fungistático según lo mencionan algunos autores.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Vidaurre, R. (2019). *Características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido Biol obtenido por digestión anaerobia de estiércol de animales con rastrojo*. Lambayaque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Tesis de Maestría. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/6031>
- Aker, C. (2019). Producción de lechuga con buenas prácticas agrícolas. En RIKOLTO, *Proyecto Gestión del conocimiento para la producción sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala*. Bélgica: West-Vlaanderen.
- Alemán-Chávez, I., Zulueta-Rodríguez, R., Ledea-Rodríguez, J., Hernández-Montiel, L., y Lara-Capistrán, L. (2022). Evaluación de lixiviado en la producción de fresas, acelgas y lechuga de bola. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2), 1460-1465. doi:10.34188/bjaerv5n2-002
- Alvarado Franco, S. P. (2015). *Elaboración de biol empleando dos tipos de sustratos, estiércol bovino y gallinaza, en dos tiempos de fermentación, en el cantón Milagro provincia del Guayas*. Tesis de Grado. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ALVARADO%20FRANCO%20SILVIA%20PATRICIA.pdf>
- Alvarez, F. (2010). *Manual: Preparación y uso del biol*. Imprenta y Librería Vega.

- Arcos, B., Benavides, O., y Rodríguez, M. (2011). Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga *Lactuca sativa* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2), 95-108. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104092.pdf>
- Bertsch, F., Ramírez, F., y Henríquez, C. (2009). Evaluación del fosfito como fuente fertilizante de fósforo via radical y foliar. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 249-265. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279009>
- Cabos Sánchez, J., Bardales Vásquez, C. B., León Torres, C. A., y Gil Ramírez, L. A. (2019). Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. *Arnaldoa*, 26(3). doi:<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26321>
- Cadena Loayza, M. O. (2014). *Efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de lixiviado de humus de lombriz y dos formas de aplicación en el cultivo de espinaca (Spinacea oleracea L), bajo ambiente protegido. Tesis de Grado*. Universidad Mayor San Andrés. Recuperado el 11 de 05 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5264/T-1925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial*. Bogotá, Colombia.

- Carbajal, Á. (2013). *Manual de Nutrición y Dietética*. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid: <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/manual-de-nutricion>
- Carrasco , G. (2016). Morfología y Tipos de lechuga. En G. Carrasco , y C. Sandoval, *Manual Práctico de Cultivo de la Lechuga* (págs. 19-28). Ediciones Mundi-prensa.
- Carrasco Silva , G., y Sandoval Briones, C. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Ediciones Mundi-prensa.
- Chinga, W., Torres García, A., Chirinos, D., y Marmol, L. (2020). Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. *Ecuador es calidad*, 7(2). doi:<https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.130>
- Chojnacka, K., Saeid, A., Witkowska, Z., y Tuhy, Ł. (2012). Biologically active compounds in seaweed extracts-the prospects for the application. *The open conference proceedings journal*, 3(1), 20-28.
- Chulde Minda, J. A. (2019). *Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) con el empleo de Microorganismos solubilizadores de fósforo, Micorrizas y Extracto de algas en la Finca San Francisco Cantón Huaca. Tesis de Grado*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Recuperado el 11 de 05 de 2023, de [http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/763/1/347%20Alternativas%20de%20fertilizaci%  
c3%b3n%20para%20el%20cultivo%20de%20papa%20-%20Huaca.pdf](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/763/1/347%20Alternativas%20de%20fertilizaci%c3%b3n%20para%20el%20cultivo%20de%20papa%20-%20Huaca.pdf)

- Conde Flores, K. G., Huaycho Cruz, H., y Cruz Choque, D. (2017). Aplicación de solución de humus de lobriz en dos variedades de quinua (\*Chenodium quinoa Willd.) en la estación experimental de Patacama-La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos naturales*, 4(1), 78-81.
- Condori Vargas, S., Ruíz Huanca, P., Ticona Guanto, O., y Chipana Mendoza, G. (2018). Evaluación del desarrollo vegetativo de maralfalfa (Pennisetum sp) bajo la aplicación de biol de bobino en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(2), 50-67.
- Daza, M., Jurado, J., y Torres, V. (2015). Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (stevia rebaudiana bert.) bajo invernadero. *Temas Agrarios*, 20(1), 81-90. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5456280.pdf>
- Dufour, R. (2015). Hoja de Datos: Rotación de Cultivos en Sistemas Agrícolas. *Centro Nacional de Tecnología Apropiada [NCAT]*.
- Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista de Ambato. (2023). *Lista de precios mercado mayorista del 24 de Agosto de 2023*. Obtenido de <https://ambato-ema.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Jueves24.pdf>
- Enriquez Haro, J. T. (2021). *Los abonos orgánicos: ventajas y desventajas en los cultivos hortícolas de la costa ecuatoriana*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9284/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000125.pdf>

- Espinosa- Anton, A., Hernández - Herrera, R., y González - González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- Estrada Ortiz, E. (2010). *Fosfitos en la producción de fresa*. Montecillo, Texcoco, México: Colegio de postgraduados Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Estrada Ortiz, E. (2014). *Fosfito en el metabolismo de hortalizas de hoja*. Montecillo, Texcoco, México: Colegio de postgraduados Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Obtenido de [http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2523/Estrada\\_Ortiz\\_E\\_DC\\_Edafologia\\_2014.pdf](http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2523/Estrada_Ortiz_E_DC_Edafologia_2014.pdf)
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*.
- FAO. (2003). Agricultura orgánica y recursos abióticos. En N. El-Hage Scialabba, y C. Hattam (Edits.), *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Recuperado el 05 de 05 de 2023, de <http://www.fao.org/3/a-i3560s.pdf>
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progreso en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Roma.
- FAO. (2020). *Frutas y verduras - esenciales en tu dieta. Año Internacional de las frutas y verduras*. doi:doi.org/10.4060/cb2395es
- FAO. (2022). Obtenido de Código de conducta voluntario para la reducción de las pérdidas y desperdicios de alimentos.: <https://doi.org/10.4060/cb9433es>

FAOSTAT. (2018). *Statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>

Feicán Mejía, C. (2011). *Manual de producción de abonos orgánicos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]- Estación Experimental del Austro.

Freire, W. B., Ramírez-Luzuriaga, M. J., Belmont, P., Mendieta, M. J., Sila-Jaramillo, M. K., Romero, N., . . . Monge, R. (2014). Tomo I: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de cero a 59 años. En M. d. Censos, *ENSANUT-ECU 2012* (pág. 312).

Fundación Produce Sinaloa. (2016). *Paquete tecnológico de producción de lombricomposta*.

Recuperado el 11 de 05 de 2023, de <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/33-sustentabilidad?download=215:paquete-tecnologico-de-produccion-de-lombricomposta>

Gabriel, J., Castro, C., Valverde, A., y Indacochea, B. (2020). *Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM).

Gálvez Torres, E., Legua Cárdenas, J., Cruz Nieto, D., y Caro Soto, F. (2019). Experimento con biol de subproductos de azúcar para mayor rendimiento ecológico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. ). *Stodium Veritatis*, 17(23), 285–304. doi:doi.org/10.35626/sv.23.2019.305

- Galvis Vanegas, J. A., Gonzáles Blair, G. E., y Florez Vergara, A. (2018). *Manual de procesamiento y conservación de lechugas (lactuca sativa L.) variedades verde y morada crespa minimamente procesadas*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA). doi:978-958-98315-3-3
- García, P., Lucerna Marotta, J., Ruano Criado, S., y Nogales García, M. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gómez Salas, G., Quesada, D., y Chinnock. (2020). Consumo de frutas y vegetales en la población urbana costarricense: Resultados del Estudio Lationamericano de Nutrición y Salud (ELANS)- Costa Rica . *Población y Salud en Mesoamérica*, 18(1), 450-470. doi:<https://doi.org/10.15517/psm.v18i1.42383>
- Gómez-Merino, F., y Trejo-Téllez, L. (2015). Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae*(196), 82-90. doi:[doi:10.1016/j.scienta.2015.09.035](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.035)
- González Ulibarry, P. (Marzo de 2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- González, W. (2021). *Producción de lechuga hidropónica Lactuca sativa L., en sistema de raíz flotante bajo el efecto de 3 bioestimulantes*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena], Repositorio UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5684/1/UPSE-TIA-2021-0005.pdf>

- Hernández Rivadeneyra, J. I., Carvajal Avalos, J., Castro Rivera, R., y Solis, M. (2017). Evaluación del uso de compostas sobre el cultivo de lechuga. (C. T. IPN, Ed.) *Frontera biotecnológica*, 06, 15-20. Obtenido de <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol06/pdf/Revista-Enero-Abril-2017.pdf>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). *Manual de producción de lechuga*. doi:ISSN0717-4829
- INTAGRI. (2017). Fosfito como Bioestimulante en la Agricultura. *Serie Nutrición Vegetal*(99).
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (25 de Octubre de 2011). *Lactuca sativa L.* Obtenido de ITIS Report: [http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSNysearch\\_value=36607](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSNysearch_value=36607)
- Jaramillo Andy, J. T. (2018). *Diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz californiana (Eisenia foetida)*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Recuperado el 11 de 05 de 2023, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8790/1/17T1553.pdf>
- Juárez-Rangel, A. P., Solis - Oba, M. M., Castro - Rivera, R., Romero-Rodríguez, A., y Pacheco-Rodríguez, J. A. (2021). Beneficios del extracto de algas para reducir la fertilización con nitrógeno en un cultivo de lechuga. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(Suplemento 2).

- Kim, M. J., Moon, Y., Tou , J. C., Mou, B., y Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19-34. doi:10:1016/j.jfca.2016.03.004
- Linnaei, C. (1763). *Species Plantarum exhibentes plantas rite cognitatas ad Generarelatas* (Vol. II). (L. Salvii, Ed.) Recuperado el 5 de Mayo de 2023, de <https://www.biodiversitylibrary.org/item/43462#page/1/mode/1up>
- López Falcón, R. (2002). *Degradación del suelo, causas, procesos, evaluación e investigación*. (C. i. Andes, Ed.) Mérida, Venezuela. Obtenido de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>
- López-Mtz, J. D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E., y Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Lumivero. (2023). *XLSTAT statistical and data analysis solutions*. New York, USA.
- Martí Herrero, J. (2013). *Desarrollo, difusión e implementación de tecnologías apropiadas en el área rural: Biodigestores en Bolivia*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Martínez Barreno, B. A. (2019). *Evaluación del biosol generado en la producción de biogas, como fertilizante en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato.

- Martínez Calbimonte, S. D., Muggeridge, J. D., De Souza, J. V., Carvajal, L. M., Jeréz, F., y Sánchez, M. E. (2016). *Manual para el cultivo de Hortalizas. Parte Especial*. Tarija, Bolívia: Louvain Cooperation. Obtenido de [ouvaincooperation.org/sites/default/files/2019-01/83-Manual%20para%20el%20Cultivo%20de%20Hortalizas.pdf](https://ouvaincooperation.org/sites/default/files/2019-01/83-Manual%20para%20el%20Cultivo%20de%20Hortalizas.pdf)
- Martínez, Á., Lacasa, A., y Tello, J. (2009). *Ecología de la microbiota fúngica de los suelos de los invernaderos de pimiento y su interés agronómico*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Martínez, N. (2020). *Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L.) en condiciones del CIFO–UNHEVAL*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Tesis de Grado. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7105/TAG00911M26.pdf>
- Martínez-Scott, M. M., y Ruiz-Hernández, J. (2018). Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón \*Capsicum annum Var Annumm(. *Revista de Ciencias Naturales Agropecuarias*, 5(15), 19-24.
- Medina - Lozano, I., Ramón Bertolín, J., y Díaz, A. (2021). Nutritional value of commercial and traditional lettuce (*Lactuca sativa L.*) and wild relatives: vitamin C and anthocyanin content. *Food chemistry*, 359.
- Meza, L., y Rodríguez, A. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza para la sostenibilidad de la agricultura: ruta para la sinergia entre las convenciones de Río y la recuperación pos-

COVID-19. *Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/169)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago.

Palacios Valenzuela, A. B., Granados Olivas, A., Soto Padilla, M. Y., y Flores Tavizón, E. (2021). Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana.

*Tecnociencia Chihuahua*, XIV(3). doi:<https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.751>

Pérez-Madruga, Y., López-Padrón, I., y Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2). Recuperado el 11 de 05 de 2022, de [http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/en\\_1819-4087-ctr-41-02-e09.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/en_1819-4087-ctr-41-02-e09.pdf)

Ramírez, A. (2018). *Influencia de tres bioestimulantes aplicados al follaje sobre el rendimiento de la Lechuga "romana" (Lactuca sativa L.) en la zona de Puebloviejo*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo - Tesis de grado. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5044/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000014.pdf>

Ramos Aguero, D., y Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. doi:<[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0258-59362014000400007ylnng=esynrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0258-59362014000400007ylnng=esynrm=iso)>. ISSN 0258-5936.

- Recalde Posso, E. (2021). *Producción de algas unicelulares y bioestimulación en lechuga*. Lugo, España: Universidade de Santiago de Compostela, Disertación doctoral. Obtenido de [https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/27253/rep\\_2548.pdf](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/27253/rep_2548.pdf)
- Restrepo Rivera, J., y Hensel, J. (2013). *El ABC de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra*. Santiago de Cali: Feriva S.A.
- RESUSA. (s/a). *Lechuga americana de hoja*. Obtenido de <https://resusa.co.cr/wp-content/uploads/Folleto-Lechuga-BG.pdf>
- Ricardo, J. (2019). *Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica Lactuca sativa L. en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena], Repositorio UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4808>
- Rodríguez-Fernández, P. A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna Unguiculata L. Walp*). *Ciencia en su PC*(2), 44-58. Recuperado el 11 de 05 de 2023, de [https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615003/html/#redalyc\\_181351615003\\_re](https://www.redalyc.org/journal/1813/181351615003/html/#redalyc_181351615003_re) f3
- Rojas-Pérez, F., Palma-López, D., Salgado-García, S., Obrador-Olán, J., y Arreola-Enríquez, J. (2020). Elaboración y caracterización nutrimental de abonos orgánicos líquidos en condiciones tropicales. *Agroproductividad*, 13(4), 73-78.

- Romero, D., Yáñez, G., Simbaña, K., Vélez, P., y Navarrete, H. (2020). Determination of cadmium and lead in tomato (*Solanum lycopersicum*) and lettuce (*Lactuca sativa*) consumed in Quito, Ecuador. *Toxicology Reports*, 7, 893-899. doi:<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.07.008>
- Ropero Lara, A. B. (2022). Efectos sobre la salud del consumo de frutas, verduras y hortalizas. *Fundación de Estudios Rurales ANUARIO 2022*, 191-197.
- Ruíz, E., Moreno , J., y Suárez, R. (Enero de 2019). Banco Interamericano de Desarrollo. *Sin Desperdicio: Buenas Prácticas Corporativas en materia de reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Saavedra, G. (2017). Taxonomía, Botánica y Valor Nutritivo. En I. d. (INIA), *Manual de producción de lechuga* (págs. 19-26). Santiago, Chile. doi:ISSN0717-4829
- Salazar - Salazar, W., Monge - Pérez, J. E., y Loría - Coto, M. (2022). Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annum*). *Cuadernos de Investigación UNED*, 14(2). doi:<https://doi.org/10.22458/urj.v14i2.4299>
- Salazar - Salazar, W., Monge - Pérez, J. E., y Loría - Coto, M. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus L.*) en invernadero. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 26(1), 177-189. doi:<https://doi.org/10.53897/RevAIA22.2624>

- Schroetter, S., Angeles-Wedler, D., Kreuzig, R., y Schnug, E. (2006). Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). *Landbauforschung Volkenrode*, 56(3/4), 87. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Ewald-Schnug/publication/281316068\\_Effects\\_of\\_phosphite\\_on\\_phosphorus\\_supply\\_and\\_growth\\_of\\_corn\\_Zea\\_mays/links/5770e29208ae842225ab4b9e/Effects-of-phosphite-on-phosphorus-supply-and-growth-of-corn-Zea-mays.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ewald-Schnug/publication/281316068_Effects_of_phosphite_on_phosphorus_supply_and_growth_of_corn_Zea_mays/links/5770e29208ae842225ab4b9e/Effects-of-phosphite-on-phosphorus-supply-and-growth-of-corn-Zea-mays.pdf)
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2021). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos: 15. Lixiviado de lombriz*. México.
- Sevilla, M. (2012). *Rendimiento de lechuga utilizando lombrihumus de estiércol de vaca, cabra y cerdo*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana - Disertación doctoral. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/587/1/Copia%20de%20T3160.pdf>
- Soto, G. (2003). *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza*. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA).
- Symborg. (2021). *Fertilizantes orgánicos y fertilizantes inorgánicos*. Obtenido de symborg.com: <https://symborg.com/es/actualidad/fertilizantes-organicos-fertilizantes-inorganicos-conoces-la-diferencia>
- Tapia Piedra, M. (2019). *Efecto de la combinación de fosfito potásico con ácidos húmicos y fúlvicos, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo, Tesis de grado. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5983>

- Thao, H., Yamakawa, T., y Shibata , K. (2009). Effect of phosphite–phosphate interaction on growth and quality of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of plant nutrition and soil science*, 172(3), 378-384. doi:<https://doi.org/10.1002/jpln.200800192>
- Urbina Suazo, R., y Tosta Vásquez, D. (2018). *Efecto de dos biofertilizantes y fertilización convencional en el crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano - Tesis de grado.
- Valdivia, B., y Almaza, G. (2016). Evaluation of the effect of macronutrient from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca sativa* . *Revista Boliviana de Química*, 33(1), 20-26.
- Vásquez Proaño, D. (2012). *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnologica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pasto*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Tesis de grado. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/17T0873.pdf>
- Velásquez Medina, S. (2019). Tesis de Pregrado. "*Densidad de siembra en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) CV. Angelina bajo condiciones de la Molina*". Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria "La Molina".
- Villegas Torres, Ó. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta agrícola y pecuaria*, 2(3), 55-61. Obtenido de <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/22/30>

- Villegas-Cornelio, V. M., y Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje> I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.
- Watts, D. (2007). *Dictionary of Plant Lore*. United Kingdom: ELSEVIER. doi:13:978-0-12-374086-1
- Windows. Addinsoft. (2022). *XLSTAT*. Obtenido de <https://www.xlstat.com/es>
- Zermeño Gozález, A., López Rodríguez, B., Melendres Alvarez, A., Ramírez Rodríguez, H., Cárdenas Palolo, J. O., y Munguía López, J. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* , 6(12), 2437-2446.

## ANEXOS

### Anexo 1. Informe fotográfico

*Establecimiento del experimento.*



### Siembra



*Rotulado unidades experimentales*



*Fertilización del ensayo.*



*Medición de altura de planta*



*Cosecha*



*Pesaje fresco*



*Pesaje Seco*



## Anexo 2. Tabulación de datos

BLOQUE	TRATAMIENTO	PESO FRESCO (g)	PESO SECO (g)	ALTURA DE PLANTA (cm)	RENDIMIENTO t ha <sup>-1</sup>
1	F1D1	198.03	62.18	12.22	45.24
1	F1D2	197.91	60.10	12.04	44.76
1	F1D3	198.30	61.78	12.96	44.57
1	F2D1	139.64	43.85	9.10	45.00
1	F2D2	138.14	41.72	10.80	44.76
1	F2D3	142.77	42.86	10.86	44.57
1	F3D1	204.68	66.49	13.52	45.23
1	F3D2	202.86	64.28	12.10	45.00
1	F3D3	211.94	67.40	12.38	44.76
1	F4D1	285.24	89.56	15.48	31.42
1	F4D2	278.36	83.64	14.91	31.52
1	F4D3	270.80	83.41	14.39	31.28
1	Testigo	94.40	26.24	8.32	31.52
2	F1D1	196.77	61.79	11.46	31.28
2	F1D2	196.83	59.84	12.18	29.76
2	F1D3	197.00	61.47	11.78	31.90
2	F2D1	138.04	43.35	8.16	31.90
2	F2D2	137.12	41.41	10.56	32.00
2	F2D3	141.72	43.37	11.78	46.30
2	F3D1	203.41	66.31	12.98	46.30
2	F3D2	199.92	61.98	11.74	46.10
2	F3D3	206.84	64.12	11.28	46.10
2	F4D1	271.34	84.12	12.08	45.47
2	F4D2	267.47	81.31	12.08	45.47
2	F4D3	260.51	80.24	12.50	48.10
2	Testigo	94.60	26.68	8.56	47.04
3	F1D1	195.67	61.44	12.54	46.60
3	F1D2	195.14	59.32	11.70	65.10
3	F1D3	196.11	61.19	12.54	61.90
3	F2D1	137.16	43.07	10.82	57.14
3	F2D2	136.10	41.10	9.18	63.04
3	F2D3	140.02	43.12	11.60	60.90
3	F3D1	202.82	61.66	12.64	57.80
3	F3D2	199.89	61.97	11.90	61.71
3	F3D3	205.19	64.43	12.96	59.42
3	F4D1	250.60	76.69	12.16	54.85
3	F4D2	253.71	77.13	12.12	21.47
3	F4D3	240.64	75.08	12.26	21.47
3	Testigo	95.40	27.86	9.06	21.71