

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ABONO LÍQUIDO
PROCEDENTE DE LA FERMENTACIÓN LÁCTICA DE MALEZAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

ELIZABETH BERENÍCE CHIHUAN DOMINGUEZ

LIMA - PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ABONO LÍQUIDO
PROCEDENTE DE LA FERMENTACIÓN LÁCTICA DE MALEZAS”**

ELIZABETH BERENÍCE CHIHUAN DOMINGUEZ

Tesis para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Sady Javier García Bendezú
PRESIDENTE

.....
Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz
ASESOR

.....
Ing. Mg. Sc. Jorge Luis Tejada Soraluz
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Sarita Maruja Moreno Llacza
MIEMBRO

.....
Biol. Juan Gabriel Juscamaita Morales
CO-ASESOR

LIMA - PERÚ
2022

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y sustento en cada paso de la vida.

A mis padres Luz y Alberto por su amor y sacrificio para permitirme culminar mis estudios y continuar mi vida profesional.

A mi hermana Luz por apoyarme y compartir alegrías en momentos difíciles.

A Edgar, mi enamorado, por motivarme y acompañarme en la nueva vida profesional y familiar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al Ing. M. S. Andrés Casas y Biol. Juan Juscamaita, mis asesores, por su apoyo durante todo el proceso de ejecución del presente trabajo de investigación, así como de su disposición para absolver mis dudas.

De igual manera, a mi mamá, mi hermana y mi enamorado, quienes me ayudaron durante toda la elaboración y evaluaciones tanto en laboratorio como en campo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Malezas	3
2.1.1.	Características de las malezas.....	3
2.1.2.	Clasificación de las malezas	3
2.1.3.	Efectos negativos de las malezas en los cultivos.....	4
2.1.4.	Efectos positivos de las malezas arvenses	5
2.1.5.	Composición química de las malezas	5
2.2.	Residuos sólidos	5
2.2.1.	Residuos orgánicos	8
2.3.	Fertilización	9
2.3.1.	Requerimientos nutricionales de las plantas.....	10
2.3.2.	Fertilizantes orgánicos	11
2.4.	Proceso de fermentación acidoláctica.....	13
2.4.1.	Factores a considerar durante el proceso de fermentación	14
2.5.	El cultivo de lechuga.....	15
2.5.1.	Caracterización de la especie.....	15
2.5.2.	Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de lechuga.....	15
2.5.3.	Abonamiento y fertilización del cultivo de lechuga.....	16
2.5.4.	Contenido nutricional	17
2.5.5.	Cosecha.....	17
2.5.6.	Rendimiento	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1.	Lugar de ejecución.....	19
3.2.	Materiales para la elaboración del abono líquido	19
3.2.1.	Materia prima e insumos	19
3.2.2.	Materiales y equipos	20
3.3.	Materiales para el ensayo de fitotoxicidad.....	21
3.4.	Métodos de análisis.....	22
3.4.1.	Fase de laboratorio y fase piloto.....	22
3.4.2.	Fase de campo	24

3.5.	Características climáticas.....	27
3.6.	Metodología experimental	27
3.6.1.	Fase laboratorio	27
3.6.2.	Fase piloto	30
3.6.3.	Fase campo	32
3.7.	Análisis estadístico	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.	Fase de laboratorio.....	36
4.1.1.	Condiciones iniciales de las materias primas	36
4.1.2.	Elaboración del abono líquido orgánico en la fase de laboratorio	36
4.1.3.	Elección de los mejores tratamientos	42
4.2.	Fase piloto.....	43
4.2.1.	Elaboración del abono líquido orgánico en la fase piloto	43
4.2.2.	Caracterización del abono líquido orgánico	45
4.2.3.	Prueba de fitotoxicidad.....	50
4.2.4.	Análisis costo-beneficio	51
4.3.	Fase de campo.....	52
4.3.1.	Rendimiento	52
4.3.2.	Calidad externa.....	61
4.3.3.	Materia seca.....	64
4.3.4.	Macronutrientes	66
V.	CONCLUSIONES.....	70
VI.	RECOMENDACIONES	71
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
VIII.	ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de la eficiencia de algunas plantas (cultivadas e involuntarias) en el uso del agua.....	4
Tabla 2: Composición química del maíz y de sus malezas en competencia por nutrientes	5
Tabla 3: Composición química de algunas malezas	6
Tabla 4: Clasificación de algunos tipos de abonos elaborados en base a residuos orgánicos.....	12
Tabla 5: Información nutricional de 100 g de materia comestible de lechuga.....	17
Tabla 6: Métodos empleados en el análisis composicional de la mezcla elegida de abono líquido acelerado.....	24
Tabla 7: Criterio de interpretación de la relación C/N en compost	24
Tabla 8: Métodos empleados en el análisis microbiológico de la mezcla elegida de abono líquido acelerado.....	25
Tabla 9: Datos meteorológicos del periodo de fase de campo comprendido entre los meses de Mayo-Julio 2019, La Molina	27
Tabla 10: Relación de la composición de los tratamientos del ALA ensayados en laboratorio para la determinación de la mezcla óptima a replica en la escala piloto ...	29
Tabla 11: Diluciones del ALA para la determinación de la concentración óptima mediante el ensayo de germinación.....	31
Tabla 12: Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento.....	33
Tabla 13: Valores promedios de pH obtenidos de las diferentes combinaciones de maleza, B-Lac y melaza evaluados en la fase de laboratorio	37
Tabla 14: Valores promedios de acidez titulable obtenidos de las diferentes combinaciones de maleza, B-Lac y melaza evaluados en la fase de laboratorio	40
Tabla 15: Rendimiento promedio líquido y sólido obtenido de cada mezcla de maleza, B-Lac y melaza evaluada en la fase de laboratorio	42
Tabla 16: Criterios evaluados en la fase de laboratorio para la selección de la mejor mezcla de maleza, B-Lac y melaza	43
Tabla 17: Comparación del análisis composicional del ALA de malezas y otros abonos orgánicos elaborados en base a fuentes de origen animal y vegetal.....	46
Tabla 18: Límites permitidos de metales pesados según el Real Decreto 506/2013 para productos fertilizantes para su clasificación.....	49

Tabla 19: Resultados del análisis microbiológico del abono líquido acelerado en la fase piloto.....	49
Tabla 20: Condiciones de pH y CE de las diluciones del abono líquido acelerado evaluado en la prueba de germinación de la fase piloto	50
Tabla 21: Índice de germinación de semillas de lechuga <i>Lactuca sativa</i> cv. Lollo en la prueba de germinación de la fase piloto	51
Tabla 22: Cantidad de insumos empleados (peso y volumen) en la elaboración del ALA en la fase piloto.....	51
Tabla 23: Rendimiento obtenido en la cosecha del abono acelerado en la fase piloto.	52
Tabla 24: Costos de producción del ALA elaborado en la fase piloto	52
Tabla 25: Rendimientos total, comercial y no comercial empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	54
Tabla 26: Porcentaje de cabezas con daños de plagas y/o enfermedades, aquellas que no formaron cabeza o con floración prematura empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La	58
Tabla 27: Peso fresco, altura y diámetro de cabeza empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	61
Tabla 28: Porcentaje de materia seca empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)	65
Tabla 29: Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de los residuos a nivel mundial	8
Figura 2: Variación de pH promedio obtenido de las mezclas de maleza, B-Lac y melaza mediante evaluaciones realizadas durante cinco días.....	38
Figura 3: Relación entre los valores promedios de pH y acidez titulable evaluados en la fase piloto durante 30 días	44
Figura 4: Rendimiento total (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)	55
Figura 5: Rendimiento total (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	55
Figura 6: Rendimiento comercial (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	56
Figura 7: Rendimiento comercial (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	57
Figura 8: Porcentaje de rendimiento comercial y no comercial (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)	59
Figura 9: Porcentaje de rendimiento comercial y no comercial (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	59
Figura 10: Distribución de la cosecha comercial (%) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	60
Figura 11: Peso fresco (kg) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	62
Figura 12: Altura (cm) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	63

Figura 13: Diámetro (cm) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).....	64
Figura 14: Porcentaje de materia seca empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)	65
Figura 15: Contenido de nitrógeno en la materia seca foliar de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019	67
Figura 16: Contenido de fósforo en la materia seca foliar de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019	68
Figura 17: Contenido de potasio en la materia seca foliar de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos diarios del periodo Mayo-Julio 2019.....	80
Anexo 2: Proporción de maleza, B-Lac y melaza empleada por tratamiento, expresado en peso y volumen	82
Anexo 3: Croquis del campo experimental	83
Anexo 4: Evaluación diaria de pH de las mezclas por repetición	83
Anexo 5: Análisis de la varianza para el pH en el quinto día.....	84
Anexo 6: Evaluación diaria del porcentaje de acidez titulable de las mezclas por repetición	85
Anexo 7: Análisis de la varianza para el porcentaje de acidez titulable en el quinto día	86
Anexo 8: Rendimiento líquido y sólido obtenido de cada mezcla de biofertilizante evaluada, por repetición.....	86
Anexo 9: Cálculo de costos de insumos	88
Anexo 10: pH y porcentaje de acidez titulable de las repeticiones diarias de la muestra piloto.....	89
Anexo 11: Informe del análisis de caracterización composicional del ALA	90
Anexo 12: Informe de análisis microbiológico del ALA	91
Anexo 13: Resultados de la evaluación del número de semillas germinadas y PGR...	92
Anexo 14: Resultados de la evaluación de crecimiento de radícula, hipocotilo y CRR	92
Anexo 15: Análisis de la varianza para el rendimiento total de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019	94
Anexo 16: Análisis de la varianza para el rendimiento total de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019	94
Anexo 17: Análisis de la varianza para el rendimiento comercial de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019.....	94
Anexo 18: Análisis de la varianza para el rendimiento comercial de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019	94
Anexo 19: Análisis de la varianza para el rendimiento no comercial de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019.....	95

Anexo 20: Análisis de la varianza para el rendimiento no comercial de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019.....	95
Anexo 21: Análisis de la varianza para la distribución de la cosecha de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.). La Molina 2019	95
Anexo 22: Análisis de la varianza para el Peso fresco de la parte aérea de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019.....	96
Anexo 23: Análisis de la varianza para la altura de planta de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019	96
Anexo 24: Análisis de la varianza para el diámetro de cabeza de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019	96
Anexo 25: Análisis de la varianza para el porcentaje de materia seca de la parte aérea en lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019	97
Anexo 26: Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en la materia seca de la parte aérea en lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019.	97
Anexo 27: Análisis de varianza para el contenido de fósforo en la materia seca de la parte aérea en lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019.	97
Anexo 28: Análisis de varianza para el contenido de potasio en la materia seca de la parte aérea en lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019.	97

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar la factibilidad de la elaboración de un abono líquido acelerado (ALA) a partir de malezas. Se recolectó malezas provenientes de campos de cultivo de la UNALM y se preparó en laboratorio 20 tratamientos con diferentes proporciones de mezcla malezas-agua, melaza y B-Lac. Las mezclas se evaluaron durante cinco días mediante medición de pH, porcentaje de acidez titulable, porcentaje de humedad, ausencia de olores, hongos y levaduras para la elección del mejor tratamiento. La mezcla T8 (85 % mezcla malezas-agua, 10 % melaza y 5 % de B-Lac) mostró las mejores características. El tratamiento elegido se reprodujo a escala piloto, donde además de los parámetros evaluados en laboratorio, se realizó un análisis composicional y microbiológico para caracterizar el biofertilizante obtenido; y una prueba de germinación y fitotoxicidad. En campo se evaluó el efecto de la aplicación del biofertilizante en plantas de lechuga empleando dos modos de aplicación, dos frecuencias para cada modo de aplicación y un testigo sin aplicación. Las variables evaluadas fueron rendimiento, peso fresco de planta, altura de planta, diámetro de cabeza, porcentaje de materia seca y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en la materia seca. Los resultados de la fase laboratorio y piloto se analizaron en un diseño completamente al azar (DCA) y los resultados de la fase de campo, en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro bloques. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto en el porcentaje de materia seca y contenido de potasio, donde el T2 (aplicación foliar dos veces por semana) mostró el mejor resultado. Mediante el proceso de fermentación homoláctica fue posible reaprovechar las malezas para el desarrollo de un abono orgánico líquido acelerado. Las características fisicoquímicas como el pH, ácido láctico, análisis microbiológico y contenido de nutrientes indican su potencial como biofertilizante. Las aplicaciones del ALA indican como mejor tratamiento la aplicación foliar dos veces por semana.

Palabras clave: reciclaje de nutrientes, bacterias acidolácticas, malezas, biofertilizante, abono orgánico, materia seca.

ABSTRACT

The general objective of this work was to evaluate the feasibility of preparing an accelerated liquid fertilizer (ALA) from weeds. Weeds were collected from UNALM crop fields and 20 treatments were prepared in the laboratory with different proportions of weed-water, molasses and B-Lac mix. The mixtures were evaluated for five days by measuring pH, titratable acidity percentage, humidity percentage, absence of odors, fungi and yeasts for the choice of the best treatment. The T8 mixture (85 % weed-water mixture, 10 % molasses and 5 % B-Lac) showed the best characteristics. The treatment chosen was reproduced on a pilot scale, where in addition to the parameters evaluated in laboratory, a compositional and microbiological analysis was performed to characterize the biofertilizer obtained; and a germination and phytotoxicity test. In the field, the effect of the application of the biofertilizer on lettuce plants was evaluated using two application modes, two frequencies for each application mode and a control without application. The variables evaluated were yield, fresh plant weight, plant height, head diameter, percentage of dry matter and nitrogen, phosphorus and potassium content in dry matter. The results of the laboratory and pilot phase were analyzed in a completely randomized design (CRD) and the results of the field phase, in a randomized block design (RBD) with five treatments and four blocks. No significant differences were found between treatments, except in the percentage of dry matter and potassium content, where T2 (foliar application twice a week) showed the best result. Through the homolactic fermentation process it was possible to reuse the weeds for the development of an accelerated liquid organic fertilizer. Physicochemical characteristics such as pH, lactic acid, microbiological analysis and nutrient content indicate its potential as a biofertilizer. ALA applications indicate foliar application twice a week as the best treatment.

Key words: nutrient recycling, weeds, biofertilizer, organic fertilizer, dry matter

I. INTRODUCCIÓN

La introducción y el uso extendido de fertilizantes químicos ha sido un factor determinante en el desarrollo de la agricultura intensiva moderna (Baddi *et al.*, 2016). Sin embargo, el alto costo de estos ocasiona que en algunos casos se elaboren y utilicen fertilizantes orgánicos propios.

La agricultura genera gran cantidad de residuos orgánicos provenientes de las diferentes labores, entre los cuales tenemos los restos de podas, rastrojo y deshierbo. Sin embargo, en los últimos años, ha aumentado el interés en el reciclaje de estos. La enmienda con residuos orgánicos no tóxicos es necesaria para mejorar la fertilidad y características del suelo, así como incrementar la producción de cultivos. Para ello se requiere un tratamiento adecuado para eliminar aquellos compuestos que puedan tener efectos nocivos (Baddi *et al.*, 2016).

El reciclaje vegetal ofrece la posibilidad de reducir las prácticas agrícolas que generan contaminación y al mismo tiempo permite la recuperación de nutrientes mediante técnicas de compostaje, lombricultura, elaboración de bioles, etc (ODEPA, 2015). Entre ellos están el compostaje, que es una versión acelerada de los procesos de descomposición que ocurren naturalmente en el suelo donde gran parte del carbono orgánico degradable en el material de desecho se convierte en dióxido de carbono (CO₂). Por otro lado, el biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos en ausencia de oxígeno (INIA, 2008) y es una fuente ya digerida de desechos de origen animal y vegetal (Warnars y Oppenoorth, 2014). Estos procesos pueden tomar entre 1 a 4 meses aproximadamente dependiendo de las condiciones ambientales en que se desarrolle, por lo que se ha buscado nuevas alternativas.

Se han realizado numerosos trabajos respecto al uso de desechos orgánicos en suelos como fertilizantes sólidos o enmiendas. Sin embargo, existe poca información disponible sobre la producción de fertilizantes orgánicos líquidos (Baddi *et al.* 2016). Existen algunos trabajos de investigación en el desarrollo de abonos líquidos acelerados a partir de residuos de la industria pesquera, láctea y agropecuaria. Este trabajo propone el tratamiento de residuos vegetales obtenidos del deshierbo para su uso como abono.

En base a estudios anteriores, en el presente trabajo se propone que el uso de residuos vegetales como las malezas permitirá elaborar un abono líquido acelerado con buenas características para su uso como biofertilizante ya que permitirá recuperar los nutrientes extraídos del suelo por las malezas.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar la factibilidad de la elaboración de un abono líquido acelerado (ALA) a partir de malezas. Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la aptitud del ALA de malezas como biofertilizante a partir de las características físico-químicas y el contenido de nutrientes.
- Evaluar el efecto de dos frecuencias de aplicación foliar y al suelo sobre el rendimiento y calidad de la lechuga para determinar la dosis óptima.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Malezas

Existen diversas posturas entre los científicos, botánicos y agricultores. Según Pujadas y Hernández (1988), estas definiciones pueden agruparse en dos grandes grupos: las malherbológicas, que resaltan únicamente las cualidades negativas; y las ecológicas que abarcan más ampliamente la naturaleza de las malezas, cuyas poblaciones crecen en situaciones perturbadas por el hombre (Baker, 1974). Pujadas y Hernández (1988) sintetizan estas ideas en un concepto que integra ambos criterios: “planta que crece siempre o de forma predominante en situaciones marcadamente alteradas por el hombre y que resulta no deseable por él en un lugar y momento”.

2.1.1. Características de las malezas

Los rasgos más resaltables de las malezas están relacionadas a su habilidad para prosperar en terrenos perturbados por el hombre (Baker 1965 citado por Zimdahl, 2007) y en condiciones adversas. Fernandez-Quintanilla (1991) expone las siguientes características biológicas principales: fácil dispersión, capacidad de persistencia y capacidad de competencia.

2.1.2. Clasificación de las malezas

a. Por su hábitat

Se pueden distinguir las siguientes categorías (Holzner y Numata, 1982, Fernandez-Quintanilla, 1991): malezas arvenses, ruderales, de pastizales, de agua, forestales, ambientales y otros tipos de malezas. Las malezas arvenses son aquellas que invaden los campos de cultivo, adaptadas a suelos en los que hay laboreo continuo (Fernandez-Quintanilla, 1991; Holzner y Numata, 1982).

b. Por su ciclo de vida

Según Fernandez-Quintanilla (1991), se encuentran las siguientes categorías: anuales, bianuales, perennes y parásitas.

2.1.3. Efectos negativos de las malezas en los cultivos

- Interferencia: efectos de sofocamiento y de obstaculización o limitación de la fotosíntesis en los cultivos mediante la liberación de compuestos nocivos (Cerna, 2013). La alelopatía y la competencia son dos fenómenos diferentes pero que están íntimamente relacionados. Por ello, su efecto conjunto es denominado interferencia (Holzner y Numata, 1982).

Tabla 1: Comparación de la eficiencia de algunas plantas (cultivadas e involuntarias) en el uso del agua

Especies eficientes	kg agua / kg biomasa seca	Especies no eficientes	kg agua / kg biomasa seca
<i>Zea mays</i>	174	<i>Triticum vulgare</i>	542
<i>Glycine max</i>	303	<i>Oryza sativa</i>	682
<i>Sorghum halepense</i>	153	<i>Medicago sativa</i>	422
<i>Amaranthus hybridus</i>	152	<i>Gossypium hirsutum</i>	568
<i>Setaria geniculata</i>	285	<i>Phaseolus vulgaris</i>	700
<i>Portulaca oleracea</i>	281	<i>Ambrosia peruviana</i>	456

FUENTE: (Cerna, 2013)

- Competencia: principal perjuicio generado por las malezas, significando una disminución en la producción. La competencia entre los cultivos y las malezas son por agua (Tabla 1), luz, nutrientes (Tabla 2), espacio y CO₂ (Holzner y Numata, 1982; Cerna, 2013).
- Alelopatía: forma de interferencia través de un inhibidor químico
- Disminución de los rendimientos y calidad de cosechas
- Hospedantes de enfermedades y parásitos de plantas cultivadas.
- Obstaculizan las labores culturales y de cosecha e incrementan costos de producción.
- Disminuyen el valor de las tierras cultivadas

Tabla 2: Composición química del maíz y de sus malezas en competencia por nutrientes

Especie	Porcentaje del peso seco (madurez temprana)				
	N	P	K	Ca	Mg
Maíz	1.46	0.20	1.04	0.17	0.27
Maíz + malezas	1.38	0.19	0.26	0.20	0.36
<i>Amaranthus</i>	2.41	0.26	2.79	0.62	0.93
<i>Chenopodium</i>	2.64	0.20	2.50	0.75	0.75
<i>Digitaria</i>	2.09	0.20	1.80	0.38	0.96
Malezas \bar{X}	2.38	0.22	2.36	0.58	0.88

FUENTE: (CIAT, 1989)

2.1.4. Efectos positivos de las malezas arvenses

- Hospedan insectos y microorganismos benéficos a los cultivos
- Dan cobertura a los suelos contra la erosión
- Agregan materia orgánica al suelo y mantienen la humedad, evitando la evaporación
- Remueven nutrientes de capas inferiores del suelo para ser absorbidas por los cultivos

2.1.5. Composición química de las malezas

Las malezas son plantas vigorosas que extraen gran cantidad de nutrientes del suelo. Se ha demostrado en varios estudios que estas plantas (Tabla 3) acumulan mayor cantidad de nutrientes que los cultivos.

2.2. Residuos sólidos

En el Perú, la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en su artículo 14 define a los residuos sólidos como “aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente”. Así mismo, dispone que estos deben ser manejados dentro de sistemas adecuados que incluyan las siguientes operaciones o procesos:

- 1) Minimización de residuos
- 2) Segregación en la fuente

Tabla 3: Composición química de algunas malezas

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/100 g de peso seco									
<i>Cyperus rotundus</i> (nut)			110.11	16.4	50.76	119.29	28.11	ND	ND	ND
<i>Cleome viscosa</i>		1100.00	1000.00	11600.00	2300.00	21.10	0.00	0.01	0.01	0.00
<i>Cyperus esculentus</i>		1100.00	2400.00	2900.00	2500.00	24.20	0.00	0.08	0.01	0.01
<i>Diodia scandens</i>		1500.00	2500.00	4000.00	3800.00	34.30	0.00	0.04	0.01	0.01
<i>Eurphorbia hirta</i>		1400.00	2500.00	13600.00	2900.00	23.30	0.01	0.07	0.01	0.01
<i>Chenopodium album</i> L.	-	-	4902.80	1821.30	1382.10	6.80	0.91	12.04	-	2.30
<i>Solanum nigrum</i>			6112.00	1689.00	1440.70	11.69	1.12	9.08		1.94
<i>Cassia tora</i>	-	-	960.00	3520.00	860.00	100.00	-	220.00	100.00	40.00
<i>Celosia argentea</i>	-	38.01	62.34	178.08	39.64	35.25	3.75	15.25	1.73	7.25
<i>Chichorium intybus</i> L.	-	-	-	3500.00	280.00	80.00	3.20	-	7.10	4.72
<i>Commelina benghalensis</i> L.	500	192.00	390.00	1431.60	220.80	200.00	2.72	115.92	7.98	2.68
<i>Cynodon dactylon</i>	-	22.00	1660.00	160.00	34.00	750.00	-	-	-	-
<i>Datura innoxia</i> (semillas)	-	-	3450.00	2000.00	2500.00	230.00	2.50	800.00	50.00	37.50
<i>Convolvulus arvensis</i>	-	1180.00	11200.00	24350.00	2850.00	830.00	-	2100.00	120.00	310.00
<i>Chenopodium ambrosioides</i>		1500.00	14700.00	17800.00	1760.00	230.00		740.00	150.00	300.00
<i>Physalis divaricata</i>		1150.00	11480.00	24070.00	2680.00	1070.00		340.00	70.00	2060.00
<i>Achyranthes aspera</i>		1140.00	14240.00	14380.00	790.00	2940.00		950.00	170.00	220.00
<i>Rumex dentatus</i>		1230.00	12320.00	16720.00	1820.00	1620.00		620.00	120.00	210.00

Continuación...

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/100 g de peso seco									
<i>Solanum nigrum</i> L.	-	-	34.41	73.00	182.30	6.18	10.00	3.80	-	14.00
<i>Portulaca oleracea</i>		44.00	494.00	65.00	68.00	45.00	0.11	1.99	0.30	0.17
<i>Echinochloa coloum</i> (L.) Link.	2950	280.00	2075.00							
<i>Digeria arvensis</i> Forsk	3250	720.00	2610.00							
<i>Chenopodium album</i>	3500	610.00	2860.00							
<i>Phalaris minor</i> Retz	1780	370.00	1580.00							
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	2050	630.00	1040.00							
<i>Cyperus rotundus</i> L.	1650	650.00	1030.00							

- 3) Reaprovechamiento
- 4) Almacenamiento
- 5) Recolección
- 6) Comercialización
- 7) Transporte
- 8) Tratamiento
- 9) Transferencia
- 10) Disposición final.

Para un adecuado diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos, es necesario conocer las fuentes y tipos de residuos generados en una determinado área (Hoornweg *et al.*, 1999). El total de estos residuos se distribuyen de la siguiente manera (Figura 1), donde se observa que el 46% del total de residuos sólidos son de carácter orgánico.

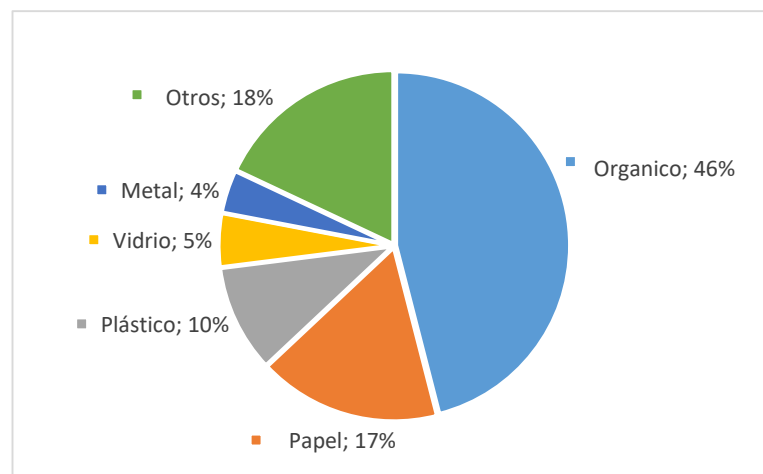


Figura 1: Distribución de los residuos a nivel mundial

FUENTE: (Hoornweg y Bhada, 2012)

2.2.1. Residuos orgánicos

Son materias derivadas de actividades de producción y consumo cuyo origen es fundamentalmente biológico y en cuya composición se encuentran primordialmente sustancias orgánicas (Navarro *et al.*, 1995).

a. Residuos agrícolas

Son aquellos restos provenientes de las labores agrícolas como la poda, deshierbo, cosecha, desbroce, etc.

Es común a nivel mundial la ausencia de una disposición correcta de los residuos provenientes de actividades agrícolas, por lo que la quema es una de las opciones más económicas adoptadas (Chávez y Rodríguez, 2016). Existen alternativas a la quema para la disposición de estos residuos. La recolección de estos residuos puede utilizarse para diversos fines (Chávez y Rodríguez 2016):

- producción de combustibles como etanol o biogás (metano);
- producción de composta;
- alimento para animales;
- material de construcción (bloques de adobe con paja);
- cultivo de champiñones, entre otros;
- camas en establos

En el Perú se aprobó el Decreto Supremo N°057-2004-PCM en el cual se dispone que los residuos orgánicos provenientes de actividades agrícolas deben recibir tratamiento que neutralice o reduzca las sustancias peligrosas que puedan contener, así como recuperar las sustancias valorizables que puedan ser reutilizadas en sistemas agropecuarios. Asimismo, prohíbe la quema de residuos vegetales. Igualmente, el artículo 27 del D.S. N° 016-2012-AG que aprueba el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, indica pautas para la gestión de los residuos sólidos de las actividades agrícolas y su reaprovechamiento.

2.3. Fertilización

Las plantas toman los nutrientes que necesitan del suelo y el aire. El carbono y oxígeno es tomado del aire durante la fotosíntesis; sin embargo, estos elementos no son suficientes para que la planta pueda desarrollarse. Referente a los nutrientes absorbidos del suelo, cuando este suministro es amplio, la planta crecerá mejor y dará una buena producción. Sin embargo, si solo uno de los elementos escasea, la producción se verá limitada (FAO, 2002; Navarro y Navarro, 2014). Los suelos cultivados pierden una gran cantidad de nutrientes

continuamente producida por la extracción de los cultivos, lixiviación (Navarro y Navarro, 2014). Es por este motivo, que el uso de fertilizantes para proveer al cultivo de los elementos faltantes en el suelo, es necesario para obtener buenos rendimientos.

2.3.1. Requerimientos nutricionales de las plantas

Las plantas dependen de los nutrientes del suelo para poder desarrollarse. De todos estos, 16 son considerados esenciales y de no tener acceso a ellos, se producirían graves alteraciones y disminución del crecimiento de la planta (Arévalo y Castellano, 2009). Los principales nutrientes, que se demandan en mayores cantidades son tres:

a. Nitrógeno

Después del carbono, el nitrógeno (N) es el elemento requerido en mayor cantidad por las plantas: aproximadamente 1 a 5 % del total de materia seca vegetal consiste en N, el cual es un componente integral de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, coenzimas, fitohormonas y metabolitos secundarios. La disponibilidad de N a las raíces es, por lo tanto, un factor decisivo para el crecimiento de las plantas (Hawkesford *et al.*, 2012). Puede ser absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+) (FAO, 2002). En los suelos agrícolas no fertilizados, el amonio puede estar presente en concentraciones más altas que el nitrato, y los aminoácidos proporcionan una fuente adicional de N (Hawkesford *et al.*, 2012).

b. Fósforo

Representa del 0.1 al 0.4 % del extracto seco de la planta (FAO, 2002). La función del fósforo como componente de las estructuras macromoleculares es más prominente en los ácidos nucleicos, que, como componentes del ADN, son los portadores de la información genética y, como unidades del ARN, son las estructuras responsables de la traducción de la información genética. Tanto en el ADN como en el ARN, el fosfato forma un puente entre las unidades de ribonucleósidos para formar macromoléculas. La forma de puente del diéster de fósforo también es abundante en los fosfolípidos de las biomembranas (Hawkesford *et al.*, 2012). Aunque están presentes en las células en concentraciones relativamente bajas, los ésteres de fosfato y los fosfatos ricos en energía representan la energía metabólica de las células. Se han identificado hasta 50 ésteres formados a partir de fosfato y azúcares y

alcoholes, de los cuales aproximadamente 10, incluyendo la glucosa 6-fosfato y el fosfogliceraldehído, son los más abundante (Hawkesford *et al.*, 2012).

c. Potasio

Suple del 1 al 4% de la materia seca de la planta (FAO, 2002). Su absorción es altamente selectiva y está estrechamente relacionada con la actividad metabólica. Se caracteriza por una alta movilidad en las plantas en todos los niveles: dentro de las células individuales, dentro de los tejidos, así como en el transporte a larga distancia a través del xilema y el floema. El potasio es el catión más abundante en el citosol y el K^+ y sus aniones acompañantes contribuyen sustancialmente al potencial osmótico de las células y tejidos de las especies de plantas glicofitas (Hawkesford *et al.*, 2012).

2.3.2. Fertilizantes orgánicos

Un abono orgánico es el material resultante de un proceso de descomposición en el cual participan microorganismos presentes en el medio, degradando los materiales orgánicos y transformándolos en otros que aportan nutrientes al suelo. Este proceso es controlado y acelerado, y puede ser aeróbico o anaeróbico. Estos abonos orgánicos se caracterizan por poseer altos contenidos de N especialmente, y también de otros elementos (Ramos y Terry, 2014). Los abonos orgánicos pueden dividirse según el grado de procesamiento y su estado físico (Tabla 4). Existen otros abonos de tipo orgánico como el compost, biochar, bioles, y biosoles.

- Bioles

El INIA (2008) indica que el biol es un abono orgánico líquido proveniente de la descomposición anaeróbica de residuos animales y vegetales. Un biol es una fuente de fitorreguladores, actúa como un bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se obtiene de un proceso de descomposición anaeróbica de desechos orgánicos (Colque *et al.*, 2005).

- **Biosoles**

Es el resultado de la separación de la parte sólida del proceso de obtención del biol (Aparcana y Jansen, 2008).

Tabla 4: Clasificación de algunos tipos de abonos elaborados en base a residuos orgánicos

Grado de procesamiento	Sólidos	Líquidos
	<i>Residuos vegetales</i>	<i>Efluentes</i>
	- Residuos de cosecha	- Pulpa de café
	- Residuos de poda	- Desechos de origen animal
	- Residuos de postcosecha	
Sin procesar	<i>Residuos de animales</i>	
	- Estiércol	
	- Residuos de matadero y otros	
	<i>Coberturas</i>	
	- Abonos verdes y mulch	
	- Compost	- Biofermentados
	- Vermicompost	- Té de compost
Procesados	- Bocashi	- Ácidos húmicos
	- Ácidos húmicos	- Té de estiércol
		- Extractos de algas

FUENTE: (Ramos y Terry, 2014)

a. Efectos de los abonos orgánicos sobre las características del suelo

Los abonos orgánicos ejercen efectos que mejoran la fertilidad del suelo y favorecen el desarrollo vegetal. Estos efectos se ven en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Navarro y Navarro, 2014):

- **Efecto sobre las propiedades físicas**

Influyen de manera positiva sobre la estructura, porosidad, aireación, capacidad retentiva de agua, porosidad, infiltración, conductividad hidráulica, estructura: formación de agregados

y estabilidad de agregados (Alegre, 1977; Navarro y Navarro, 2014). Debido al color oscuro de los abonos orgánicos, estos absorben mayor radiación solar, lo cual incrementa la temperatura del suelo favoreciendo los procesos biológicos (Navarro y Navarro, 2014).

- **Efecto sobre las propiedades químicas**

La característica química que cambia notablemente es el contenido de materia orgánica y producto de ello, se produce un incremento en la disponibilidad de N, P, K, Fe y S. como consecuencia del aumento de materia orgánica, aumenta la capacidad de intercambio iónico (Navarro y Navarro, 2014). El pH del suelo tiende a incrementarse producto del proceso de descomposición, ya que se forman tanto ácidos orgánicos como inorgánicos (Alegre, 1977).

- **Efecto sobre las propiedades biológicas**

Se produce un incremento en la actividad biológica producto de la incorporación de materiales de fácil descomposición que constituyen una fuente de energía para los microorganismos, permitiendo su multiplicación más acelerada. En la mayoría de los casos, el incremento en la actividad biológica repercute en una mejora de la estructura del suelo debido a que los productos de la descomposición forman agregados en el suelo (Navarro y Navarro, 2014). Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que se produce una mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. La actividad biológica en el suelo permite la oxidación y reducción de elementos esenciales para transformarlos en formas aprovechables para las plantas (Navarro y Navarro, 2014).

- **Efecto en la inhibición de patógenos del suelo**

La diversidad de la microflora alrededor de las raíces de los cultivos se correlaciona negativamente con la incidencia de enfermedades radiculares (Navarro y Navarro, 2014).

2.4. Proceso de fermentación acidoláctica

Se entiende como proceso fermentativo a aquel a través del cual un organismo obtiene energía a través de reacciones químicas en las que sustancias orgánicas actúan como donadores y receptores de electrones (Monroy y Viniegra, 1981).

La fermentación del ácido láctico es una vía que tiene lugar en muchos microorganismos en el citosol sin presencia de oxígeno. En este proceso el $\text{NADH} + \text{H}^+$ formado en la glucólisis es usado como aceptor de electrones, generando NAD^+ . Este NAD^+ es requerido para la glucólisis, por lo tanto cuando la célula repone su suministro de NAD^+ , puede metabolizar más glucosa (Sadava *et al.*, 2009). El ácido láctico es el producto final de esta ruta fermentativa de la glucosa, el cual es obtenido principalmente por bacterias, siendo posible obtenerse también por algunos hongos. Estos organismos tienen como catabolito final el ácido láctico, además de otros compuestos en pequeñas cantidades como el ácido acético, etanol, ácido fumárico, etc. (Monroy y Viniegra 1981).

2.4.1. Factores a considerar durante el proceso de fermentación

a. Bacterias acidolácticas

Son un conjunto de bacterias no esporuladas Gram positivas con un metabolismo estrictamente fermentativo por medio del cual dan lugar a la producción de ácido láctico como producto final de la fermentación de los azúcares vía glucólisis (Cabeza, 2006). Dos importantes géneros de este grupo de bacterias son *Streptococcus* y *Lactobacillus*. Debido a que estos microorganismos producen únicamente ácido láctico, se conocen con el nombre de bacterias homolácticas u homofermentativas (Tortora *et al.*, 2007). Otra característica de estas bacterias es su tolerancia al pH ácido, pudiendo tolerar un $\text{pH} < 5$, pero conforme el medio se va acidificando, un mayor número de especies se ve inhibida (Cabeza, 2006).

b. pH

La actividad metabólica de las bacterias acidolácticas en el proceso de fermentación dando lugar a la formación de ácido láctico, genera un descenso en el pH del medio.

c. Porcentaje de acidez titulable

Con el aumento del ácido láctico, lo hace también la acidez titulable, que incluye la acidez natural como la acidez desarrollada (ácido láctico) (Negri, 2005).

2.5. El cultivo de lechuga

La lechuga es una de las hortalizas más comunes y conocidas en el mundo. Su nombre científico es *Lactuca sativa* L., perteneciente a la familia Asteraceae. La lechuga presenta una gran variedad en tipos de hojas y hábitos de crecimiento, lo cual ha llevado a distinguir variedades botánicas en la especie (Saavedra *et al.*, 2017).

2.5.1. Caracterización de la especie

Es una planta anual para consumo, con látex (Holle y Montes, 1966). Las hojas tienen una forma arrosada al inicio del desarrollo, posteriormente se cierran y forman un cogollo. Las hojas son lampiñas, ligeramente dentadas y de formas variadas. La coloración de las hojas depende de la variedad, siendo entre verdes a rojizas o violáceas. La textura de las hojas puede ser mantecosas o crujientes; además, onduladas, lisas o rizadas (Japon, 1977). El tallo al principio es corto y tiene una roseta de hojas grandes; al llegar a la fase reproductiva la planta desarrolla un tallo floral que alcanza 1 metro o más de altura y se ramifica; entonces las hojas son sagitadas, auriculadas, y progresivamente más pequeñas en la parte superior (Holle y Montes, 1966). Las flores son hermafroditas y están reunidas en capítulos blanco-amarillentos con 15 o 30 flores (Holle y Montes, 1966). Presentan cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar con un solo óvulo, a partir del cual se da origen a la semilla. La fecundación es autógama. Al aire libre ocurre una fecundación cruzada del 1 al 2 %. El fruto (semilla) es un aquenio alargado de 3 a 4 mm, con estrías longitudinales, de color blanco o negro que termina en punta (Japon, 1977). El sistema radicular es fibroso y consta de fibras muy delgadas y frágiles. Las raíces secundarias forman la masa radicular y tienen la función de absorber los nutrientes (Abensur, 1998).

2.5.2. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de lechuga

a. Suelo

Presenta una gran adaptabilidad; sin embargo, su mejor desarrollo se obtiene en suelos franco arenosos y franco arcillosos con buen contenido de materia orgánica, buen drenaje y buena retención de agua debido a que su sistema radicular no es muy extenso. El pH óptimo varía entre 6.5 y 7.5 (Jaramillo *et al.*, 2014), pese a que se considera un cultivo medianamente tolerante a la acidez, pudiendo prosperar en rangos de pH de 5.0 a 8.0

(Valencia, 1995). Se le considera susceptible a salinidad a valores mayores a 1.2 dS/m si el riego es inadecuado (Valencia, 1995).

b. Temperatura

La temperatura de germinación de la semilla oscila entre 20 y 26 °C, siendo la óptima de 24 °C. Para la formación de las cabezas se requiere diferencia de temperaturas entre el día y la noche, por lo cual temperaturas entre 14 y 18 °C con máximas de 24 °C y mínimas de 7 °C son adecuadas (Jaramillo *et al.*, 2014).

c. Humedad relativa

Debido a su sistema radicular con poco desarrollo, el cultivo es susceptible a la falta de humedad y no soporta bien los periodos de sequía. La humedad relativa conveniente es entre 60 a 80 % ya que una alta humedad favorece problemas causados por hongos (Jaramillo *et al.*, 2014).

d. Luminosidad

En condiciones de un fotoperiodo mayor a 12 horas y temperaturas mayores a 26 °C, la lechuga emite el tallo floral. Requiere alta luminosidad para un buen desarrollo en volumen, peso y calidad (Jaramillo *et al.*, 2014).

2.5.3. Abonamiento y fertilización del cultivo de lechuga

Se debe incorporar materia orgánica al suelo con anticipación, para que pueda descomponerse y ser aprovechada por el cultivo. La cantidad recomendada es de 10 t/ha de estiércol (Valencia, 1995). La fertilización depende de las condiciones del suelo. En muchos casos se encuentra una mayor respuesta a fertilizaciones nitrogenadas que a las fosfóricas y potásicas ya que algunos suelos ya poseen cantidades suficientes de estos nutrientes (Valencia, 1995).

Debido al escaso desarrollo radicular, la fertilización debe realizarse lo más cercano a las plantas, especialmente en elementos de movilidad baja. Estos deben ser aplicados a una profundidad de 8 a 10 cm (Valencia, 1995).

Valencia (1995) recomienda la aplicación de una dosis de:

- Nitrógeno 100 – 120 kg/ha
- Fosforo 60 – 80 kg/ha
- Potasio 60 kg/ha

2.5.4. Contenido nutricional

Tiene importancia por su alto contenido de minerales y vitaminas, y un bajo contenido de calorías. Comparada con otros vegetales, es una buena fuente de calcio y hierro (Valencia, 1995). En la Tabla 5 se presenta la información nutricional del cultivo de lechuga.

2.5.5. Cosecha

En campo abierto, la cosecha se realiza 70 – 80 días después de la siembra. Las variedades que repollan se cosechan cuando la cabeza ha alcanzado su máximo desarrollo y está compacta. Aquellas variedades que no repollan se cosechan al alcanzar el máximo desarrollo de las hojas. La cosecha se realiza cortando al nivel del cuello de planta (Valencia, 1995).

Tabla 5: Información nutricional de 100 g de materia comestible de lechuga

Información nutricional	Cantidad
Calorías	11.00 g
Agua	96.60 g
Proteínas	0.60 g
Carbohidratos	2.40 g
Fibra	0.70 g
Ceniza	0.0003 g
Calcio	0.052 g
Fósforo	0.020 g
Hierro	0.0001 g
Vitamina A	0.067 g
Vitamina B ₁	0.00002 g
Vitamina B ₂	0.00013 g
Niacina	0.0004 g
Vitamina C	0.0015 g

Fuente: Valencia (1995)

2.5.6. Rendimiento

Debido a que este producto se comercializa por docenas, su rendimiento se expresa en estas unidades, un buen rendimiento fluctúa entre 3500 a 4500 docenas/ha (Valencia, 1995). En los últimos años se han registrado rendimientos en el país de 11 t/ha (SIEA, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La fase de laboratorio y la fase piloto de este trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental - Biorremediación de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Posteriormente, la fase de campo se realizó en el campo adyacente al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina en la provincia de Lima. La ubicación geográfica es:

- Latitud: 12° 04' 58'' S
- Longitud: 76° 56' 51'' S.O
- Altitud: 238 m.s.n.m.

3.2. Materiales para la elaboración del abono líquido

3.2.1. Materia prima e insumos

- Malezas (raíz, hojas, ramas, tallos) provenientes de varios campos de cultivo de la Universidad Nacional Agraria La Molina: *Nicandra physaloides*, *Chenopodium murale*, *Chenopodium album*, *Sorghum halepense*, *Bidens pilosa*, *Lycopersicon pimpinellifolium*, *Ipomoea* sp.
- Consorcio microbiano ácido láctico "B-Lac" proporcionado por el Laboratorio de Biorremediación del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, elaborado a base de cepas de bacterias del género *Lactobacillus*.
- Melaza proveniente del establo de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2.2. Materiales y equipos

Fase laboratorio:

- 60 recipientes plásticos con tapa de 1 L
- 60 bolsas plásticas de 20 cm x 20 cm
- Ligas de hule
- Una tina de 30 L
- Balanza
- Licuadora industrial
- Carretilla
- Pala de mano
- Guantes quirúrgicos
- Probetas
- Etiquetas autoadhesivas
- Plumón indeleble
- Agua destilada
- pH-metro
- Solución buffer de pH 7.01
- Solución buffer de pH 4.01
- Piseta
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N, 1 L
- Bagueta
- Papel toalla
- Estufa
- Agitador magnético
- Pipetas de 50 mL
- Soporte para pipetas
- Vasos de precipitado de 100 mL

Fase piloto:

- 1 balde plástico de 150 L
- 1 bolsa plástica de 1 m x 1 m

- Tina grande
- Balanza
- Licuadora industrial
- Carretilla
- Pala de mano
- Guantes quirúrgicos
- Probetas
- Agua destilada
- pH-metro
- Solución buffer de pH 7.01
- Solución buffer de pH 4.01
- Piseta
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N, 1 L
- Cucharas plásticas
- Bagueta
- Papel toalla
- Agitador magnético
- Pipetas de 50 mL
- Soporte para pipetas
- Vasos de precipitado de 100 mL
- Taladro
- Paleta mezcladora de metal
- Prensa manual
- Conductímetro
- Dos bidones de 30 L

3.3. Materiales para el ensayo de fitotoxicidad

a. Insumos

- Semillas de lechuga cv. Lollo

b. Materiales y equipos

- 18 placas Petri de 10 cm de diámetro
- Fiolas
- Pinzas
- Papel filtro

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Fase de laboratorio y fase piloto

a. Medición del pH

La medición del pH de las muestras de biofertilizante preparadas se realizó mediante el uso del potenciómetro. Se realizó la calibración del potenciómetro utilizando las soluciones buffer de pH 4.01 y pH 7.01. Luego de esto, se introdujo el electrodo en la muestra homogenizada mediante un agitador magnético. Se consideró la lectura cuyo valor permaneció constante alrededor de 10 segundos. Se realizó enjuague del electrodo luego de la medida de cada muestra.

b. Medición del porcentaje de acidez titulable

La determinación del porcentaje de acidez titulable se realizó siguiendo el método estandarizado 942.15 de la AOAC (2000). El método consiste en la titulación del ácido con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. Para esta medición, se diluyeron 2 gramos de biofertilizante con 20 ml de agua destilada en un vaso de precipitado. Esta dilución se homogenizó con ayuda de un agitador magnético y se introdujo el electrodo del pHmetro. Luego, se procedió a titular hasta que la lectura del pHmetro dio 8.1 ± 0.2 . Se realizaron tres mediciones por muestra, las cuales se promediaron para un dato por muestra. El valor del gasto de la titulación se reemplazó en la siguiente fórmula:

$$\%acidez\ titulable = \frac{G \times N \times f(\text{ácido láclico})}{m} \times 100$$

Donde:

G = Gasto de NaOH (ml)

N = Normalidad de NaOH (=0.1)

m = Masa de la muestra (g)

f = factor de conversión para ácido láctico (=0.09)

c. Medición del porcentaje de humedad

Para determinar el porcentaje de humedad del biosol obtenido del biofertilizante, se utilizó el método del secado en estufa. Para esto, se pesó en una balanza analítica toda la parte sólida obtenida del prensado y se colocó en una fuente de metal, la cual se llevó a estufa a 70 °C por tres días. Luego de este periodo, se pesó nuevamente y los valores obtenidos se reemplazaron en la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} \times 100$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad

Wi = masa inicial del biosol (g)

Wf = masa final del biosol (g)

d. Análisis composicional

El análisis composicional del abono líquido acelerado (ALA) se realizó inmediatamente después de su obtención luego del prensado. Para el análisis se llevó la muestra al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se determinó pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Pb, Cd y Cr. La Tabla 6 indica la metodología empleada en los análisis realizados.

Adicionalmente se determinó la relación carbono-nitrógeno para conocer la disponibilidad de estos nutrientes, mediante la siguiente fórmula (Peralta, 2016):

$$C/N = \frac{\% \text{ carbono orgánico}}{\% \text{ nitrógeno total}}$$

$$C/N = \frac{\% C \text{ malezas} \times \% \text{ malezas} + \% C \text{ melaza} \times \% \text{ melaza}}{\% \text{ nitrógeno total}}$$

Tabla 6: Métodos empleados en el análisis composicional de la mezcla elegida de abono líquido acelerado

Parámetro	Metodología
pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	Conductimetría
Sólidos totales	Gravimetría
Materia orgánica	Walkley y Black o dicromato de potasio
Nitrógeno	Kjeldahl
Fósforo	Amarillo de vanadato molibdato
Potasio, calcio, magnesio y sodio	Espectrometría de absorción atómica
Hierro, cobre, zinc, manganeso	Espectrometría de absorción atómica
Boro	Curcumina

Fuente: Laboratorio de Agua, Suelo, Plantas y Fertilizantes - UNALM (2013).

Ma *et al.* (2018) indica un contenido promedio de carbono en plantas de 45 %. El contenido de carbono en melaza de caña es 24 % (Samocho *et al.*, 2007). Según INIA (2004), esta relación C/N se expresa en términos numéricos y su efecto se resume como lo muestra la Tabla 7.

Tabla 7: Criterio de interpretación de la relación C/N en compost

Criterio	Interpretación
Relación C/N baja (menor de 20)	Alta disponibilidad de nitrógeno
Relación C/N media (20 a 30)	Disponibilidad moderada de nitrógeno
Relación C/N alta (mayor a 30)	Baja disponibilidad de nitrógeno

Fuente: INIA (2004)

e. Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico del ALA en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En la Tabla 8 se muestra la metodología empleada en el análisis microbiológico.

3.4.2. Fase de campo

a. Peso fresco de planta

Una vez que las plantas alcanzaron la madurez, fueron cortadas al nivel del suelo, e inmediatamente fueron pesadas.

Tabla 8: Métodos empleados en el análisis microbiológico de la mezcla elegida de abono líquido acelerado

Parámetros	Metodología
Recuento de <i>Lactobacillus</i> sp (UFC/ml)	
Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml)	
Enumeración de coliformes totales (NMP/ml)	International commission on microbiological specifications for foods.
Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	
Enumeración de <i>Escherichia</i> (NMP/ml)	

Fuente: Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”- UNALM (2012).

b. Altura de planta

Al alcanzar la madurez de cosecha, las plantas de lechuga (cabeza) fueron medidas desde la base de corte del tallo hasta el ápice con un vernier, tomando 10 muestras por unidad experimental.

c. Diámetro de planta

Se tomaron 10 muestras por parcela a las que se les midió el diámetro ecuatorial en la parte más ancha, con ayuda de un vernier. Se realizó la medida al llegar a la madurez de cosecha.

d. Peso seco de la parte aérea

Se tomó una planta representativa por unidad experimental, a la que se le extrajo entre 180 a 200 g de tejido fresco, y se colocó en bolsa de papel y se secó en estufa a 70 °C por tres días. Luego de esto, se registró el peso de la materia seca. A partir de este dato obtenido, se calculó el porcentaje de materia seca mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ materia seca} = \frac{\text{peso fresco parte aérea} - \text{peso seco parte aérea}}{\text{peso fresco parte aérea}} * 100$$

e. Contenido de nitrógeno en la materia seca

La materia seca fue homogenizada mediante molienda. La obtención de este valor se realizó en laboratorio con el método de micro Kjeldahl, el cual consiste en tres pasos:

- (1) Digestión: se pesó 0.1 g de la materia pulverizada en papel manteca y se introdujo en el balón de digestión, a lo cual se le añadió una mezcla de catalizadores (0.9 g de sulfato de potasio y 0.1 g de sulfato de cobre) y 3 ml de H₂SO₄ concentrado. Se calentó en la cocina de digestión aumentando la temperatura gradualmente hasta que la solución se tornó verde-turquesa claro. Luego, se dejó enfriar.
- (2) Destilación: se adicionó 10 a 20 ml de agua destilada a la solución digerida. En un Erlenmeyer se agregó 20 ml de ácido bórico al 2%. Se destila la solución previa neutralización de la acidez mediante la adición de NaOH al 50%, generando una reacción rosada. Se recibió el destilado en el H₃BO₃, dejándolo por tres minutos desde que se tornó color verdoso.
- (3) Titulación: la mezcla destilada se tituló con H₂SO₄ al 0.02 N hasta que se aprecie el cambio de color de verde a rosa/violeta.

El %N se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{V * 0.02 * 0.014 * 100}{0.1}$$

Donde V es el gasto de H₂SO₄ (ml).

El contenido de nitrógeno se obtuvo multiplicando el valor obtenido por el peso seco obtenido anteriormente.

f. Contenido de fósforo en la materia seca

Se tomó 5 g de la materia seca molida y se colocó en un matraz de 50 ml, a lo cual se le adicionó 7 ml de HNO₃. Se colocó sobre una plancha de calentamiento elevando la temperatura gradualmente hasta 175 °C. Se dejó en digestión aproximadamente por dos horas hasta que la solución se cristalizó con una coloración clara. Se dejó enfriar y se agregó 10 a 15 ml de agua destilada hervida y se removió para disolver las cenizas. Se filtró la solución y el filtrado obtenido se enrasó a 25 ml, luego de lo cual se llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina para realizar la lectura de las muestras.

g. Contenido de potasio en la materia seca

Se realizó la lectura correspondiente en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina a partir de la misma solución preparada para la determinación del contenido de fósforo.

3.5. Características climáticas

La información meteorológica correspondiente al periodo en el que se desarrolló el ensayo se obtuvo procedente de la Estación Meteorológica Alexander Von Humboldt de la Universidad Nacional Agraria la Molina. En la Tabla 9 se presenta el resumen de los datos meteorológicos mensuales durante el periodo experimental, en el cual se observa que la temperatura fluctuó entre 15.30 y 18.63 °C; mientras que la humedad relativa fue de 83.93 % en promedio. Los datos diarios se muestran en el Anexo 1.

Tabla 9: Datos meteorológicos del periodo de fase de campo comprendido entre los meses de Mayo-Julio 2019, La Molina

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)
	T° mín	T° máx	T° prom	
Mayo	13.30	28.20	18.63	80.74
Junio	12.60	22.30	16.16	85.71
Julio	12.30	20.80	15.30	85.35

Fuente: SENAMHI (2019)

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Fase laboratorio

a. Preparación de mezclas del biofertilizante

El proceso de elaboración del abono líquido consistió de una fase preliminar y una fase de laboratorio.

Fase preliminar: En esta primera fase se realizó para determinar la proporción adecuada de malezas y agua. Para ello se pesó 5 kg de malezas, y se realizó el licuado agregando agua en cantidad necesaria para lograr una consistencia suave y cremosa. A esta mezcla se agregó la melaza y el B-Lac en porcentajes establecidos en base a experiencias anteriores con fermentación de residuos. La proporción utilizada fue:

Malezas: 5 kg

B-Lac: 0.5 L

Melaza: 0.5 kg

Se realizó la medición de pH y acidez titulable diariamente en los días 0, 1, 2, 3, 4 y 5. La mezcla se incubó a 40 °C por cinco días, luego de lo cual se realizó la cosecha del abono líquido acelerado, la cual consistió en prensar manualmente la mezcla para obtener por separado la parte líquida y sólida.

Fase de laboratorio: Se pesó 21 kg de malezas, las cuales se licuaron en una licuadora industrial añadiendo agua en proporción 1:1 (proporción establecida en la prueba preliminar) con el fin de crear condiciones favorables para los microorganismos, además de facilitar la homogenización de la mezcla.

Se prepararon 20 mezclas de malezas, B-Lac y melaza en diferentes proporciones, como se muestra en la Tabla 10, considerando tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos preparados se colocaron en recipientes de 1 L y se realizó la medición inicial del pH y el porcentaje de acidez titulable. Luego de esto, cada mezcla se cubrió con una bolsa al ras y se tapó para generar condiciones anaeróbicas. La medición diaria de pH y acidez titulable se realizó los días 0, 1, 2, 3, 4 y 5.

Todos los tratamientos se almacenaron a temperatura ambiente por cinco días, la temperatura fluctuó entre 11.9 °C a 30.3 °C con un promedio de 17.49 °C. Finalmente se separó el abono en sus componentes líquido y sólido mediante el prensado manual. Cada una de estas partes se cuantificó. La parte sólida se secó en estufa por tres días a 70 °C, luego de lo cual se pesó y se molió. Con esta fracción pulverizada se elaboraron pellets mediante la adición de un polímero aglomerante.

Tabla 10: Relación de la composición de los tratamientos del ALA ensayados en laboratorio para la determinación de la mezcla óptima a replica en la escala piloto

Tratamiento	Maleza (%)	Melaza (%)	B-Lac (%)
T1	100	0	0
T2	95	5	0
T3	90	10	0
T4	85	15	0
T5	80	20	0
T6	95	0	5
T7	90	5	5
T8	85	10	5
T9	80	15	5
T10	75	20	5
T11	90	0	10
T12	85	5	10
T13	80	10	10
T14	75	15	10
T15	70	20	10
T16	85	0	15
T17	80	5	15
T18	75	10	15
T19	70	15	15
T20	65	20	15

Nota: El porcentaje de maleza indicado hace referencia a la mezcla agua-maleza.

b. Selección de las mejores mezclas

Luego de realizar la cosecha de los abonos líquidos se analizaron los resultados obtenidos para determinar las mejores mezclas, teniendo en cuenta los siguientes criterios señalados por Meza (2014):

- El pH debe ser menor o cercano a 4.0 para ser considerado una buena mezcla.
- No debe presentar mal olor o fuertes olores.
- No se deben formar burbujas en la superficie.
- No debe presentar capas de microorganismos como mohos o levaduras.

c. Análisis costo-beneficio

Se realizó un análisis costo-beneficio a las mezclas seleccionadas para la elección del mejor tratamiento para la producción del abono líquido a reproducir en la etapa piloto. Para lo cual, se tomó en cuenta el costo de producción de los mejores tratamientos se eligió el que represente un menor costo y mayor utilización de la materia prima.

3.6.2. Fase piloto

a. Preparación del abono líquido acelerado

Se preparó a escala piloto solo el tratamiento seleccionado, el cual se eligió considerando los criterios descritos anteriormente y el que presentó un menor costo de producción. Para la preparación se pesaron 42.5 kg de malezas, las cuales se licuaron con la adición de 42 L de agua. Una vez homogenizada la mezcla maleza-agua, se agregó la melaza y el B-Lac.

b. Caracterización del abono líquido

Se realizó la caracterización composicional y microbiológica de la mezcla reproducida en escala piloto. Luego del proceso de fermentación homoláctica, se prensó la mezcla para separar la fracción sólida. El abono líquido obtenido fue enviado al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM para los análisis descritos en el ítem 3.4.1.

c. Ensayo de fitotoxicidad

El ensayo de fitotoxicidad en la germinación se realizó en semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) cv Lollo. Las semillas se expusieron durante 120 horas a diferentes concentraciones del abono líquido preparado en la escala piloto, siguiendo la metodología descrita por Sobrero y Ronco (2008) citado por Buchelli (2014). Mediante esta prueba se buscó evaluar los efectos fitotóxicos del abono líquido y sus diluciones. Los parámetros evaluados fueron la inhibición de la germinación de las semillas y la inhibición en la elongación de la radícula e hipocotilo. Los efectos de las diferentes diluciones fueron comparados con un control, en el que se empleó agua de mesa.

Para el ensayo se esterilizaron 18 placas Petri con papel filtro. Luego se prepararon los tratamientos a probar, los cuales se muestran en la Tabla 11. Las diluciones se prepararon con el uso de agua de mesa, se emplearon tres repeticiones por tratamiento. Sobre el papel filtro se colocaron 20 semillas de lechuga en cada placa Petri y luego se humedecieron con 4 ml del tratamiento correspondiente. El procedimiento de preparación de tratamientos se realizó en una cabina de flujo laminar.

Tabla 11: Diluciones del ALA para la determinación de la concentración óptima mediante el ensayo de germinación

Tratamientos	Control	D1	D2	D3	D4	Puro
Dilución del abono líquido (v/v)	0/100	0.01/100	0.1/100	1/100	10/100	100/100

Una vez preparados los tratamientos, las placas se guardaron en oscuridad a temperatura ambiente durante 120 horas. Se realizó un nuevo humedecimiento al segundo y cuarto día con las concentraciones correspondientes. Luego del periodo establecido, se contabilizó el número de semillas germinadas y la longitud del hipocotilo y radícula, considerando la medida desde el nudo (región más engrosada de transición entre la radícula y el hipocotilo). Para hallar el índice de germinación (IG), el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el crecimiento de radícula relativo (CRR) se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$PGR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en el testigo}} * 100$$

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radícula en el extracto}}{\text{Elongación de radícula en el testigo}} * 100$$

$$IG = \frac{PGR * CRR}{100}$$

Finalmente se realizó un análisis estadístico según un Diseño Completamente al Azar de los resultados obtenidos para determinar la mejor proporción de dilución.

d. Elaboración de pellets

Luego del prensado del biofertilizante, con la parte sólida se elaboraron pellets. El residuo sólido se secó en estufa a 70 °C por tres días y luego se pulverizó mediante molienda. Con el objeto de conseguir una lenta liberación de los nutrientes, se adicionó un polímero

aglomerante en una concentración de 1.5% en peso respecto a la fracción sólida obtenida. Previamente, el polímero se mezcló con agua en proporción de 35 ml por cada gramo de polímero. Se homogenizó los componentes, y luego se llevó al molino para formar los pellets. Finalmente, los pellets se llevaron a estufa a 60 °C por un día.

3.6.3. Fase campo

a. Cultivo

En el presente trabajo de investigación se emplearon plantas de lechuga *Lactuca sativa* tipo Iceberg, cv. Bernardina. Es un cultivar para producción exterior. Tiene una buena forma y es fuerte contra las quemaduras. Tiene grandes hojas externas con buen color y estructura para el procesamiento (Rijk Zwaan, s.f.).

b. Preparación del suelo

La preparación del suelo comenzó luego de la cosecha del cultivo anterior, el cual fue pepinillo. Se realizó con un arado de disco y una pasada de rastra de discos. Una vez terminado, se surcó el campo y se realizó riego de enseño.

c. Almacigado

Se almacigaron lechugas cv Bernardina en bandejas de 8 x 24 y se instaló en un tinglado en el Huerto.

d. Trasplante

Se realizó el trasplante de los almácigos, con plántulas de cuatro semanas. El distanciamiento fue de 0.3 m y 0.8 m entre surcos a doble hilera, con un total de 100 plantas por unidad experimental, equivalente a una densidad de 83 000 plantas por hectárea.

e. Riego

Se realizó un primero riego de enseño antes del trasplante y posteriormente se realizó en lo requerido para mantener la humedad del campo. Se condujo bajo riego por gravedad.

f. Desmalezado

El desmalezado se realizó en forma manual con el objetivo de mantener el campo libre de malezas. Se realizaron cuatro deshierbos en total.

g. Control fitosanitario

Se monitoreó el cultivo para identificar la presencia de plagas y enfermedades. Entre las plagas que se tuvo incidencia de *Aphis gossypii*, afectando en hojas, así como la presencia de gusanos *Agrotis* sp. y *Heliothis* sp. Para el control de las plagas se aplicó *Bacillus thuringiensis*. Entre las enfermedades, en las dos semanas previas a la cosecha se observó la aparición de oídium *Erysiphe cichoracearum* y mildiu *Bremia lactucae*, por lo que se realizó aplicación de chlorothalonil.

h. Aplicación de tratamientos

En la presente investigación se evaluaron cinco tratamientos que incluían dos modos de aplicación (foliar y drench), dos frecuencias para cada modo de aplicación (una vez por semana y dos veces por semana para la aplicación foliar; cada semana y cada dos semanas para la aplicación en drench) y un testigo sin aplicación. La descripción de los tratamientos se muestra en la Tabla 12. Las aplicaciones se realizaron a partir de la segunda semana por seis semanas. Las aplicaciones se realizaron con mochila pulverizadora, mojando completamente todo el follaje para el caso de las aplicaciones foliares y para los tratamientos en drench se aplicó dirigido al suelo humedeciendo lo mejor posible el suelo sin que escurra sobre la superficie del suelo.

Tabla 12: Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento

Tratamiento	Descripción
T1	Aplicación foliar, 10 mL/L, una vez por semana
T2	Aplicación foliar, 10 mL/L, dos veces por semana
T3	Aplicación en drench, 50 mL/L, cada semana
T4	Aplicación en drench, 50 mL/L, cada dos semanas
T5	Testigo sin aplicación

El anexo 3 muestra el croquis del campo experimental, indicando la distribución de los tratamientos aplicados en campo.

i. Cosechas

Se realizó cuando las plantas alcanzaron la madurez, lo cual se determinó por el grado de compactación de las cabezas. Se realizaron tres cosechas semanalmente, a partir de la novena semana luego del trasplante.

j. Datos del campo experimental

Unidad experimental (parcela): 3 surcos

- Ancho de parcela: $3 \times 0.8 \text{ m} = 2.4 \text{ m}$
- Longitud de parcela: 5 m
- Área de parcela: 12 m^2

Bloque: 5 parcelas

- Área de bloque: $12 \times 5 = 60 \text{ m}^2$
- Número de bloques: 4
- Σ Área de bloques: $60 \times 4 = 240 \text{ m}^2$

Calles: 5 calles

- Área por Calle: 12 m^2
- Área de calles: $5 \times 12 = 60 \text{ m}^2$

Área total = $240 \text{ m}^2 + 60 \text{ m}^2 = 300 \text{ m}^2$

3.7. Análisis estadístico

El diseño estadístico empleado en la fase de laboratorio fue un DCA (Diseño Completamente al Azar) con veinte tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar los mejores tratamientos al evaluar los valores de pH y porcentaje de acidez titulable.

Asimismo, para el ensayo de fitotoxicidad se realizó el ANVA y los parámetros de porcentaje de inhibición de la germinación, longitud de radícula y longitud de hipocotilo fueron analizados con la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

El modelo aditivo empleado en la fase de laboratorio fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, n_i$$

Donde:

Y_{ij} : valor observado del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} : efecto del error experimental del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

Para la fase de campo, se empleó un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con cinco tratamientos y cuatro bloques. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en las unidades experimentales de cada bloque. Se realizó el ANVA y la prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$).

El modelo aditivo empleado en la fase de campo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, b$$

Donde:

Y_{ij} : valor observado del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

μ : efecto de la media general

τ_i : efecto del i -ésimo tratamiento

β_j : efecto del j -ésimo bloque

ε_{ij} : efecto del error experimental del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

Los resultados fueron analizados mediante el programa InfoStat-Statistical Software (2017).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase de laboratorio

4.1.1. Condiciones iniciales de las materias primas

En el laboratorio de Biorremediación de la UNALM se realizaron mediciones del pH de las materias primas. Los valores obtenidos fueron los siguientes:

- Malezas con agua (Proporción 1:1): pH = 5.34
- B-Lac: pH = 4.07
- Melaza: pH = 4.93

Estos valores se considerarán ya que el pH inicial de las mezclas, va a estar influenciado por el pH de las materias primas y la concentración que se encuentre presente en cada una de las mezclas, como se observa en la Tabla 13.

4.1.2. Elaboración del abono líquido orgánico en la fase de laboratorio

a. Medición del pH

Luego de la preparación de las diferentes proporciones de malezas, B-Lac y melaza para los tratamientos, se evaluó el pH diariamente por cinco días. Los valores promedios de pH obtenidos se muestran en la Tabla 13 y en el Anexo 4 se registran los valores diarios con sus respectivas repeticiones. El pH inicial de las mezclas osciló entre 4.58 y 5.92, dependiendo de la proporción de materia prima presente. Durante la etapa de evaluación se observó una tendencia de acidificación. Esto se debe a que la melaza es una fuente de carbohidrato soluble, lo cual origina que las bacterias acidolácticas transformen estos carbohidratos simples en ácido láctico, disminuyendo el pH de las mezclas (Aldon, 2008 y Ricse, 2013).

Tabla 13: Valores promedios de pH obtenidos de las diferentes combinaciones de maleza, B-Lac y melaza evaluados en la fase de laboratorio

Trat.	Maleza (%)	B-Lac (%)	Melaza (%)	pH promedio										
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5					
T1	100	0	0	5.92	5.41	5.04	5.11	5.36	5.65					G
T2	95	5	0	5.64	5.27	4.06	4.11	3.97	4.00	B	C	D	E	
T3	90	10	0	5.50	5.36	4.17	4.15	4.09	4.06		C	D	E	
T4	85	15	0	5.28	5.26	4.47	4.22	4.07	3.96	B	C	D		
T5	80	20	0	5.21	5.16	5.03	4.25	4.09	4.05		C	D	E	
T6	95	0	5	5.61	4.48	4.77	5.06	4.98	5.08					F
T7	90	5	5	5.25	4.31	3.73	3.75	3.70	3.77	A	B	C		
T8	85	10	5	5.10	4.64	3.82	3.78	3.83	3.80	A	B	C		
T9	80	15	5	5.04	4.77	3.93	3.89	3.88	3.82	A	B	C		
T10	75	20	5	5.02	4.85	4.02	3.96	3.92	3.82	A	B	C		
T11	90	0	10	4.97	4.17	4.29	4.41	4.40	4.28					E
T12	85	5	10	4.93	4.31	3.75	3.75	3.66	3.56	A				
T13	80	10	10	4.91	4.51	3.85	3.81	3.73	3.77	A	B	C		
T14	75	15	10	4.92	4.71	3.96	3.90	3.85	3.80	A	B	C		
T15	70	20	10	4.89	4.72	4.11	3.97	3.86	3.75	A	B	C		
T16	85	0	15	4.68	4.26	4.11	4.24	4.30	4.26					D E
T17	80	5	15	4.76	4.41	3.82	3.78	3.76	3.78	A	B	C		
T18	75	10	15	4.78	4.54	3.90	3.84	3.82	3.69	A	B			
T19	70	15	15	4.79	4.58	3.98	3.92	3.92	3.87	A	B	C		
T20	65	20	15	4.58	4.30	3.83	3.90	3.90	3.85	A	B	C		

Nota: Valores en la columna Día 5 seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey

Como se puede apreciar en la Figura 2, el pH desciende considerablemente hasta el tercer día, llegando a valores menores a 4 en todos los tratamientos, excepto en aquellos tratamientos controles que no contenían melaza y/o B-Lac. Estos tratamientos controles mostraron siempre un valor de pH superior a 4.

Es importante que ocurra la disminución del pH, ya que cuando este es menor a 4, la acumulación de ácido láctico produce un efecto inhibitorio en bacterias patógenas como las Gram negativas al interferir en su metabolismo celular (Ramírez *et al.*, 2011), la actividad metabólica microbiana, incluida las de las bacterias acidolácticas también es inhibida a este nivel (Aldon, 2008). Según la OMS (2018), *Escherichia coli* no prolifera en medios con pH menor a 4.4.

El análisis estadístico (Anexo 5) realizado para el pH de las mezclas al quinto día, indicó diferencias entre los tratamientos. Para definir los tratamientos con menor pH, se realizó la prueba de comparación Tukey para el quinto día (Tabla 13). Los tratamientos T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14, T15, T17, T18, T19 y T20 resultaron con menor pH.

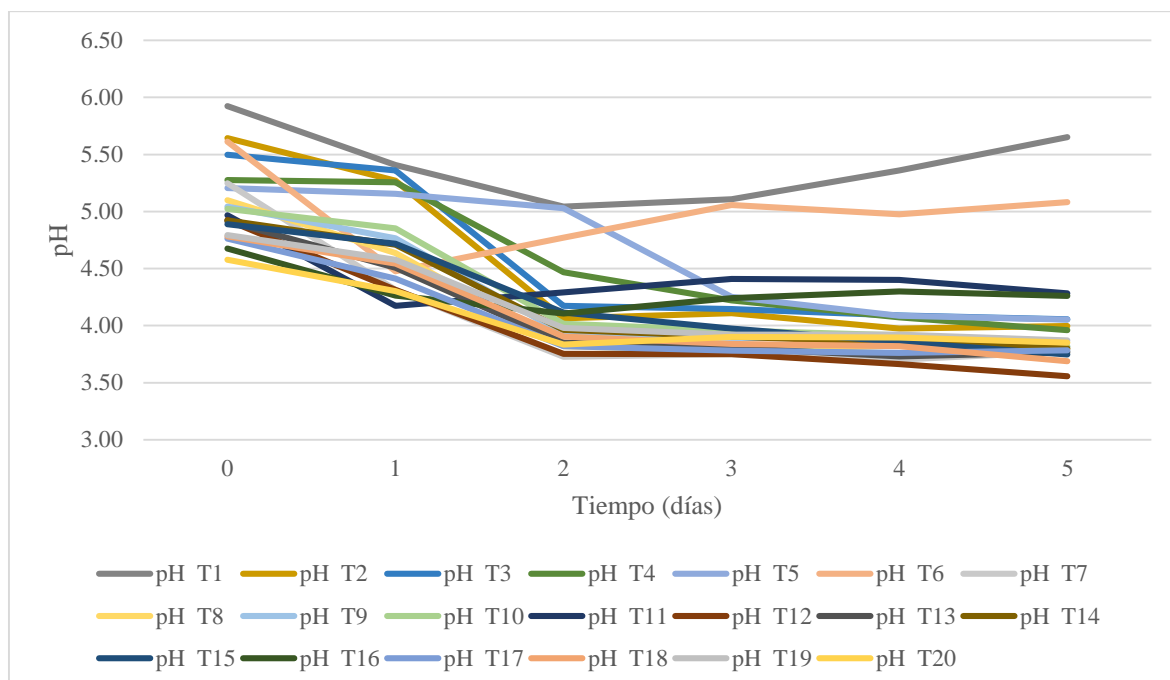


Figura 2: Variación de pH promedio obtenido de las mezclas de maleza, B-Lac y melaza mediante evaluaciones realizadas durante cinco días

b. Medición del porcentaje de acidez titulable

Paralelamente a la medición del pH, se evaluó el porcentaje de acidez titulable. La Tabla 14 muestra los valores promedios de porcentaje de acidez titulable obtenidos. En el Anexo 6 se muestran los resultados de las evaluaciones diarias del porcentaje de acidez titulable. En la Figura 3 se observa el aumento considerable del porcentaje de acidez titulable entre el segundo y tercer día, luego de lo cual se va estabilizando. Esto se debe a que mientras las bacterias ácido lácticas tengan una fuente de carbono (melaza) para realizar la fermentación, estas producirán el ácido láctico (Buchelli, 2014 y Meza, 2014), y este ácido láctico genera la disminución del pH.

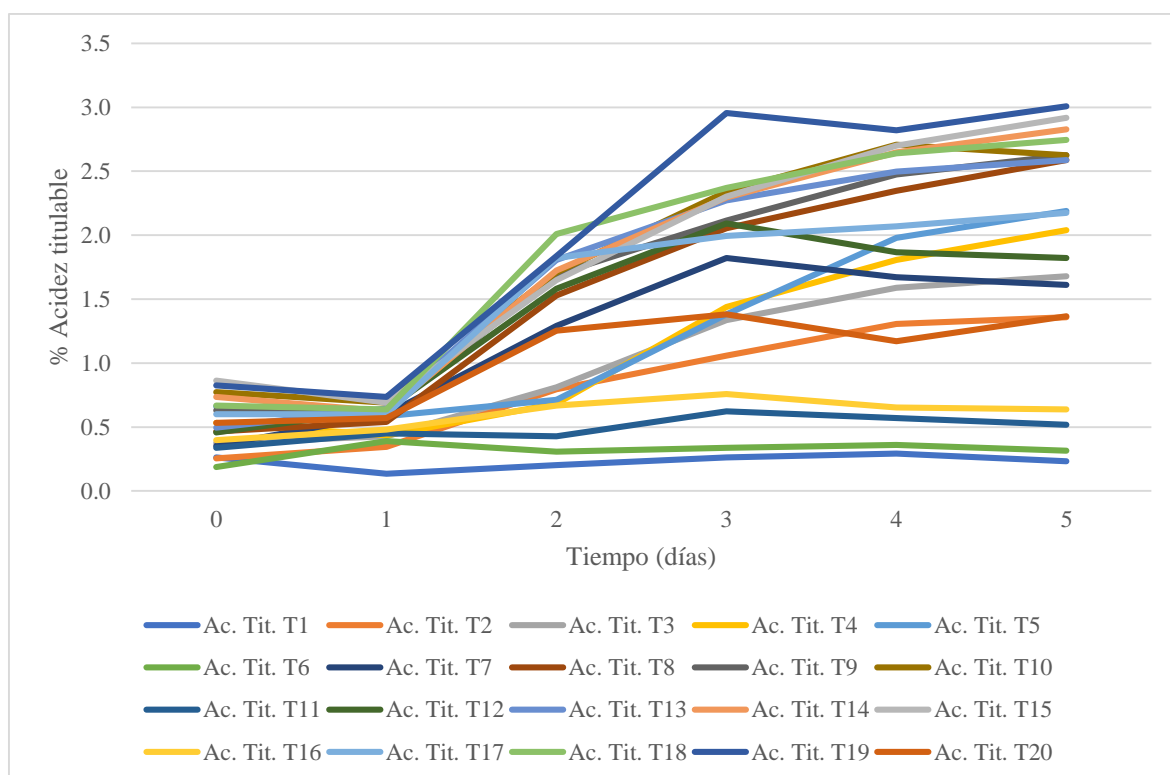


Figura 3: Variación del porcentaje de acidez titulable promedio de las mezclas de maleza, B-Lac y melaza mediante evaluaciones realizadas durante cinco días

En la Figura 4 se muestra la relación entre los promedios de pH y porcentaje de acidez titulable de las mezclas. De acuerdo a la Figura 4, se encontró una correspondencia inversa entre los parámetros de pH y porcentaje de acidez titulable. Se observa que a medida que el pH desciende, el porcentaje de acidez titulable se incrementa. Esta tendencia se evidenció en los tratamientos T 2, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14, T15, T17, T18, T19 y T20.

Tabla 14: Valores promedios de acidez titulable obtenidos de las diferentes combinaciones de maleza, B-Lac y melaza evaluados en la fase de laboratorio

Trat.	Maleza (%)	B-Lac (%)	Melaza (%)	Día						A	B	C	D	E	F	G	H
				0	1	2	3	4	5								
T1	100	0	0	0.26	0.14	0.20	0.26	0.29	0.23								
T2	95	5	0	0.26	0.35	0.80	1.06	1.31	1.36			C					
T3	90	10	0	0.38	0.43	0.81	1.34	1.59	1.68			C	D				
T4	85	15	0	0.53	0.44	0.68	1.44	1.81	2.04					E	F		
T5	80	20	0	0.66	0.59	0.71	1.38	1.98	2.19						F		
T6	95	0	5	0.19	0.39	0.31	0.34	0.36	0.32	A	B						
T7	90	5	5	0.35	0.60	1.29	1.82	1.67	1.61			C	D				
T8	85	10	5	0.47	0.54	1.53	2.06	2.35	2.59							G	
T9	80	15	5	0.63	0.63	1.70	2.12	2.48	2.63							G	
T10	75	20	5	0.77	0.69	1.71	2.34	2.71	2.63							G	
T11	90	0	10	0.34	0.45	0.43	0.62	0.57	0.52	A	B						
T12	85	5	10	0.46	0.64	1.58	2.09	1.87	1.82				D	E			
T13	80	10	10	0.50	0.65	1.81	2.27	2.50	2.59							G	
T14	75	15	10	0.74	0.62	1.73	2.30	2.65	2.83							G	H
T15	70	20	10	0.86	0.69	1.65	2.30	2.70	2.92							G	H
T16	85	0	15	0.40	0.48	0.67	0.76	0.65	0.64		B						
T17	80	5	15	0.60	0.60	1.82	2.00	2.07	2.18						F		
T18	75	10	15	0.67	0.64	2.01	2.37	2.64	2.75							G	H
T19	70	15	15	0.83	0.74	1.84	2.96	2.82	3.01								H
T20	65	20	15	0.53	0.57	1.25	1.38	1.17	1.37			C					

Nota: Valores en la columna Día 5 seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey

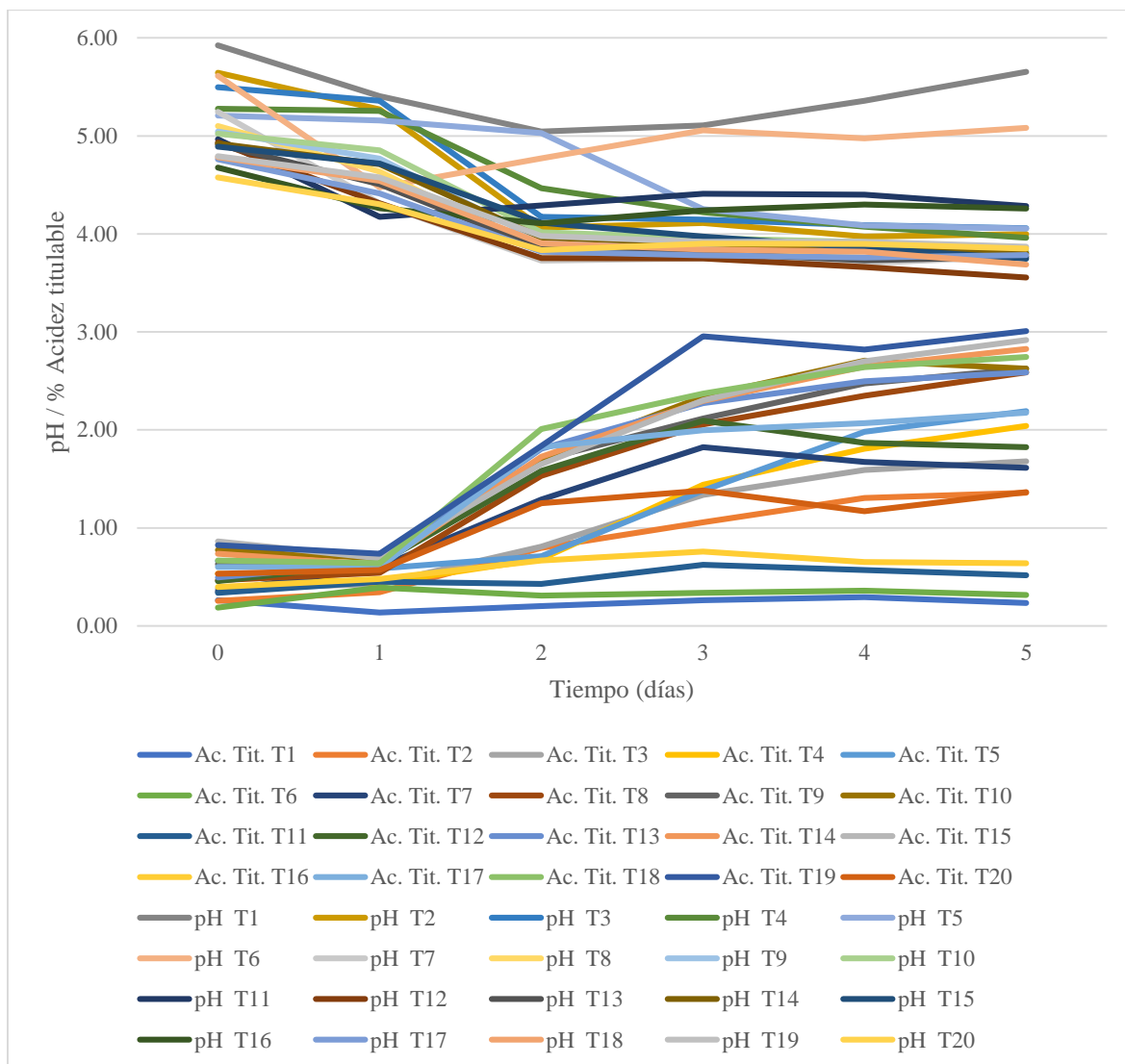


Figura 4: Relación de los promedios de pH y porcentaje de acidez titulable expresado como ácido láctico evaluados durante cinco días

Se aprecia en los primeros dos a tres días, un descenso acelerado del pH e inversamente, el rápido ascenso del porcentaje de acidez titulable, lo que quiere decir que las bacterias acidolácticas consumieron la fuente de azúcar soluble (melaza) rápidamente. Posteriormente, el proceso de acidificación continuó, lo cual indica que las bacterias acidolácticas continuaron produciendo ácido láctico empleando una fuente de azúcares diferente a los solubles de forma paulatina más lenta.

c. Medición del porcentaje de humedad

La cantidad de biofertilizante sólido y líquido promedio obtenidos de las diferentes mezclas se registran en la Tabla 15. En el Anexo 8 se detallan los resultados de cada repetición.

Tabla 15: Rendimiento promedio líquido y sólido obtenido de cada mezcla de maleza, B-Lac y melaza evaluada en la fase de laboratorio

Trat.	Mezcla	Melaza	B-Lac	Líquido		Sólido		Porcentaje de humedad del biosol
				Peso (g)	Volumen (ml)	Peso húmedo	Peso seco	
T1	100	0	0	300.16	305.00	80.01	16.96	78.80
T2	95	5	0	298.85	296.67	103.00	29.56	71.30
T3	90	10	0	311.66	306.67	96.52	23.00	76.17
T4	85	15	0	315.07	310.00	88.35	22.79	74.20
T5	80	20	0	237.78	290.00	105.05	28.73	72.65
T6	95	0	5	299.52	280.00	92.56	16.12	82.59
T7	90	5	5	314.14	280.00	94.22	21.97	76.68
T8	85	10	5	325.62	280.00	85.50	32.15	62.40
T9	80	15	5	344.95	340.00	71.26	23.53	66.98
T10	75	20	5	351.08	340.00	81.46	24.90	69.43
T11	90	0	10	307.74	315.00	95.48	18.08	81.07
T12	85	5	10	323.72	315.00	85.29	17.47	79.52
T13	80	10	10	338.57	320.00	78.76	19.73	74.94
T14	75	15	10	263.49	320.00	169.24	23.46	86.14
T15	70	20	10	361.67	340.00	90.16	29.44	67.35
T16	85	0	15	322.17	340.00	82.16	17.26	78.99
T17	80	5	15	325.31	340.00	85.90	17.83	79.24
T18	75	10	15	344.10	340.00	81.24	27.15	66.58
T19	70	15	15	357.08	340.00	77.87	22.09	71.63
T20	65	20	15	253.74	340.00	79.81	17.70	77.82

En todos los tratamientos se observó la ausencia de mal olor, mohos y levaduras, esto debido principalmente a la acidez del medio. Por otro lado, los primeros tratamientos fueron los que tuvieron un mayor porcentaje de aprovechamiento de residuos por lo cual el consumo de insumos fue menor. En consecuencia, a esto, el gasto económico, fue menor (Tabla 16).

4.1.3. Elección de los mejores tratamientos

La elección de los mejores tratamientos en base a las mediciones de pH y porcentaje de acidez titulable, se enfoca en T8, T9, T10, T13, T14, T15, T18 y T19. Considerando además de esto los criterios indicados en la Tabla 16, se seleccionó el tratamiento T8 (85% mezcla

malezas-agua, 10 % melaza y 5% de B-Lac) por presentar el menor costo de insumos y el mayor aprovechamiento de los residuos.

Tabla 16: Criterios evaluados en la fase de laboratorio para la selección de la mejor mezcla de maleza, B-Lac y melaza

Tratamiento	Residuo utilizado (%)*	Abono líquido producido (%)	Costo de insumos (S/kg)
T1	100	0.61	0.00
T2	95	0.59	0.50
T3	90	0.61	1.00
T4	85	0.62	1.50
T5	80	0.58	2.00
T6	95	0.56	0.05
T7	90	0.56	0.55
T8	85	0.56	1.05
T9	80	0.68	1.55
T10	75	0.68	2.05
T11	90	0.63	0.10
T12	85	0.63	0.60
T13	80	0.64	1.10
T14	75	0.64	1.60
T15	70	0.68	2.10
T16	85	0.68	0.15
T17	80	0.68	0.65
T18	75	0.68	1.15
T19	70	0.68	1.65
T20	65	0.68	2.15

Notas

(*) Residuo de maleza diluido con agua, en relación 1:1.

Todos los tratamientos presentaron ausencia de mal olor, mohos y levaduras

4.2. Fase piloto

4.2.1. Elaboración del abono líquido orgánico en la fase piloto

El tratamiento elegido para reproducirse en la escala piloto fue el T8, cuyo contenido fue de 85% de mezcla maleza-agua, 10% de melaza y 5% B-Lac. Se trabajó a temperatura ambiente (13.3 °C a 28.3 °C, con un promedio de 20.9 °C).

a. Evaluación del pH

Los resultados de la evaluación mostraron tendencias similares en el comportamiento del pH al obtenido en la fase de laboratorio. Incluso fue mejor, ya que el pH fue menor al registrado anteriormente (Tabla 13), esto probablemente debido a la mayor temperatura ambiental durante esta segunda etapa. Se observa que el pH desciende considerablemente desde 5.00 en el día 0 hasta 3.84 en el tercer día, luego de lo cual desciende lentamente hasta 3.75 en el quinto día y luego se estabiliza. Los valores obtenidos en la fase piloto se indican en la Figura 5 y sus repeticiones se detallan en el Anexo 10.

b. Evaluación del porcentaje de acidez titulable (ácido láctico)

Los resultados del porcentaje de acidez titulable muestran un aumento desde 0.72 en el día 0 hasta 2.20 en el tercer día (Figura 3). A partir de este día se observa un aumento lento hasta 2.68 el quinto día, donde se aprecia un nuevo incremento hasta 3.56 en el día 10, a partir de donde se estabiliza. Los datos obtenidos de las repeticiones diarias se muestran en el Anexo 10. La relación entre los valores promedios de pH y porcentaje de acidez titulable obtenidos se muestran en la Figura 3.

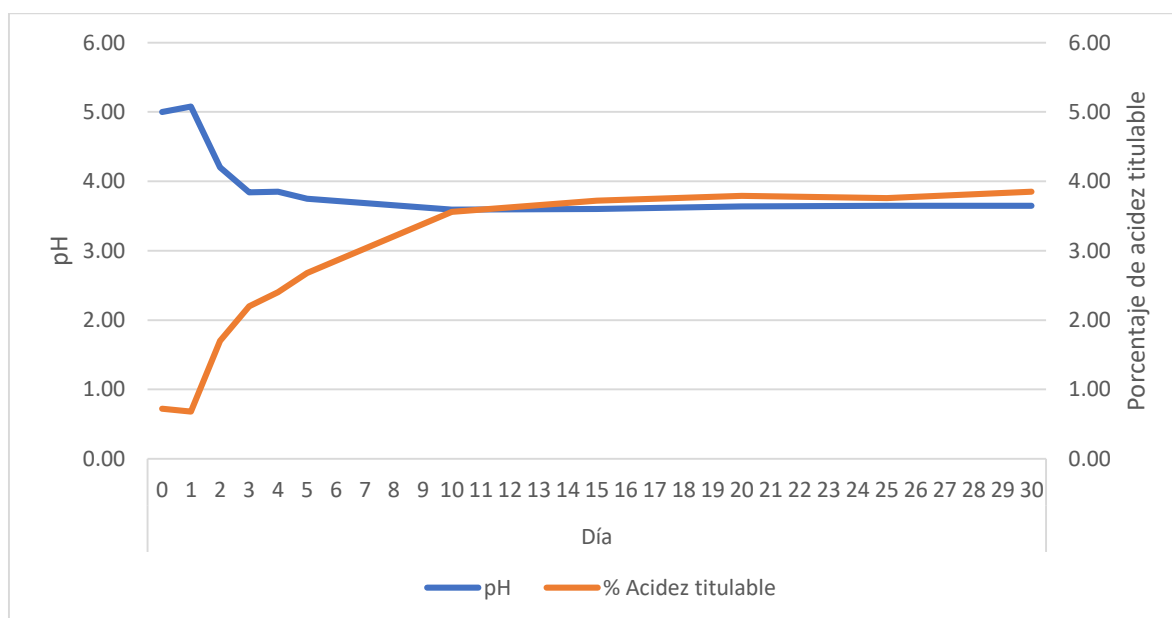


Figura 3: Relación entre los valores promedios de pH y acidez titulable evaluados en la fase piloto durante 30 días

4.2.2. Caracterización del abono líquido orgánico

Inmediatamente luego de la obtención del ALA del prensado, se llevó al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes para el análisis composicional y al Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso”, para el análisis microbiológico.

a. Análisis composicional

El análisis físicoquímico del ALA se realizó al quinto día para evaluar su potencial como abono orgánico líquido y verificar los niveles de metales pesados presentes. Los parámetros evaluados son pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, MO en solución, N total, P total, K total, Ca total, Mg total, Na total, Fe total, Cu total, Zn total, Mn total, B total, Pb total, Cd total y Cr total. En el Anexo 11 se detallan los valores obtenidos, los cuales se compararon con los datos obtenidos en otros abonos orgánicos en base a residuos de origen vegetal y animal (Tabla 17).

Los resultados de los análisis realizados indican que el ALA supera estos valores en el caso de nitrógeno (2114 mg/l), potasio (4212.50 mg/l) y calcio (2488.75 mg/l). El fósforo fue ligeramente menor (164.06) y se encontró baja cantidad de boro (2.68 mg/L). El bajo contenido de fósforo puede deberse a que, en condiciones ácidas, el aluminio y hierro que están presentes en apreciable cantidad favorecen la precipitación de fosfatos de hierro y aluminio altamente insolubles (Sanguino, 1961), por lo cual el fósforo queda inmovilizado en la parte sólida (biosol) (Buchelli, 2014). Además, el fósforo es liberado lentamente de los residuos orgánicos, a diferencia del potasio que es reciclado rápidamente de los residuos orgánicos (Fernandez, 2007). Esto explicaría el alto contenido de potasio en el ALA.

Tabla 17: Comparación del análisis composicional del ALA de malezas y otros abonos orgánicos elaborados en base a fuentes de origen animal y vegetal

Parámetros	ALA^(*) - malezas	Abono líquido de fresa⁽¹⁾	Papa-biol⁽²⁾	Biofert. rocoto⁽³⁾	Biofert.⁽⁴⁾	Alpa-biol⁽⁵⁾	Hidroliz. de gallinaza⁽⁶⁾
pH	3.46	3.64	3.67	3.69	3.72	3.83	4.16
CE (dS/m)	27.20	8.55	24.1	20.1	18.5	23.40	26.90
Solidos totales (g/L)	115.96	20.45	147.2	137.4	111.38	177.88	233.5
MO en solución (g/L)	86.10	32.40	117.3	115.4	87.48	137.02	137.7
Macronutrientes							
N total (mg/L)	2114.0	630	2688	2716.0	3640	3696	7530
P total (mg/L)	164.06	120.18	275.52	259.59	1165.32	658.10	2118.96
K total (mg/L)	4212.50	2300	5316.7	8040.0	4440	8700	4839.6
Ca total (mg/L)	2488.75	357.50	1316.7	836.0	2695	3335	6343.8
Mg total (mg/L)	875.00	355.00	750	556.0	855	12500	959.2
Na total (mg/L)	757.50	1150.00	450	214.0	970	590	1280
Micronutrientes							
Fe total (mg/L)	30.65	2.68	38.8	19.24	152.3	280.45	189.9
Cu total (mg/L)	0.68	1.50	1.53	1.48	5.9	2.40	11.4
Zn total (mg/L)	20.25	1.50	4.12	1.94	36.25	11.65	101.7
Mn total (mg/L)	8.23	1.98	3.48	2.6	17.2	71.80	107.3
B total (mg/L)	2.68	1.81	6.01	3.87	2.49	7.80	24.5

Continuación...

Parámetros	ALA ^(*) - malezas	Abono líquido de fresa ⁽¹⁾	Papa-biol ⁽²⁾	Biofert. rocoto ⁽³⁾	Biofert. ⁽⁴⁾	Alpa-biol ⁽⁵⁾	Hidroliz. de gallinaza ⁽⁶⁾
Metales pesados							
Pb total (mg/L)	0.93	0.07	2.18	---	---	0.03	---
Cd total (mg/L)	0.32	0.17	0.017	---	---	0.28	---
Cr total (mg/L)	0.66	0.09	0.40	---	---	0.02	---

(*) Abono líquido acelerado de malezas.

(1) Abono líquido a partir de residuos de fresa, Herrera (2017).

(2) Papa-biol, Meza (2014).

(3) Biofertilizante del residuo de procesamiento de rocoto, Ricse (2013).

(4) Biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería, Buchelli (2014).

(5) Alpa-biol, Quiñones (2016).

(6) Hidrolizado líquido de gallinaza, Santander (2015).

Respecto a otros abonos orgánicos de origen vegetal (Tabla 17), el contenido de potasio, calcio y magnesio es mayor, lo mismo se observa para los micronutrientes como el zinc y manganeso, mientras que se reportan valores cercanos de nitrógeno y hierro. Asimismo, se observa que los abonos elaborados a base de material de origen animal como excretas o suero de quesería superan los contenidos reportados en los abonos de origen vegetal. A partir de los resultados de materia orgánica obtenidos, se determinó la relación carbono-nitrógeno:

$$C/N = \frac{\% \text{ carbono orgánico}}{\% \text{ nitrógeno total}}$$

$$= \frac{\% C \text{ malezas} \times \% \text{ malezas} + \% C \text{ melaza} \times \% \text{ melaza}}{\% \text{ nitrógeno total}}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{45 \% \times 42.5 \% + 24 \% \times 10 \%}{0.7 \% \times 42.5 \% + 0.55 \% \times 10\%} = \frac{0.4065}{0.0035} = 61.06$$

Debido a que no se dispone de parámetros para la evaluación de C/N en abonos orgánicos líquidos, por ello se tomó como referencia el compost (Tabla 7). El valor obtenido de la relación C/N (1.94) indica que existe una alta disponibilidad de carbono y baja disponibilidad de nitrógeno.

El análisis muestra también la presencia de metales pesados como plomo (0.93 mg/L), cadmio (0.32 mg/L) y cromo (0.66 mg/L). Debido a que en el Perú no existe una normativa respecto al contenido de metales pesados en abonos líquidos, se usó como referencia la norma existente en España en el Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes (Tabla 18).

De acuerdo a estos parámetros, el ALA de malezas no supera los límites máximos establecidos para la categoría. En consecuencia, se concluye que los metales pesados no representan un riesgo de contaminación, por lo que su aplicación es apropiada como abono.

b. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó para comprobar la ausencia de microorganismos patógenos en el abono. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 19 y Anexo 12. En los resultados se observa la ausencia de coliformes totales y fecales, así como de *Escherichia coli*. Este grado de inocuidad se logró debido principalmente al bajo pH (3.46) que se logró

en el proceso de fermentación, por lo que los patógenos no encuentran las condiciones apropiadas para su desarrollo. Otro factor fue la gran cantidad de bacterias ácidolácticas (BAL) presentes, producen componentes antimicrobianos que inhiben el crecimiento de organismos relevantes como *Fusarium* o *Bacillus cereus* en alimentos fermentados. Además, las BAL producen bacteriocinas, algunas de las cuales inhiben el crecimiento de Gram-positivas y Gram-negativas patogénicas (Parra, 2010).

Tabla 18: Límites permitidos de metales pesados según el Real Decreto 506/2013 para productos fertilizantes para su clasificación

Metal pesado	Límites de concentración		
	Sólidos: mg/kg de materia seca		
	Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2.5
Cromo (Total)	70	250	300
Cromo (IV)*	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial	No detectable según método oficial

Clase A: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna A.

Clase B: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna B.

Clase C: Productos fertilizantes cuyo contenido en metales pesados no superan ninguno de los valores de la columna C.

FUENTE: Real Decreto 506/2013 sobre productos fertilizantes.

Tabla 19: Resultados del análisis microbiológico del abono líquido acelerado en la fase piloto

Análisis microbiológico	Resultado
Recuento de bacterias ácidolácticas (UFC/ml)	18×10^6
Recuento de levaduras (UFC/ml)	55×10^5
Enumeración de coliformes totales (NMP/mt)	<3
Enumeración de coliformes fecales (NMP/mt)	<3
Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/mt)	<3

NOTA: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

4.2.3. Prueba de fitotoxicidad

Se evaluó el efecto del ALA de malezas en la germinación de semillas de lechuga del cultivar Lollo. Para esto se preparó s diluciones diferentes (100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01 % y un control de agua de mesa) y se midió el pH y la conductividad eléctrica (C.E.) (Tabla 20). Se observa que el pH aumentó a medida que la muestra estaba más diluida, la C.E. por el contrario, mostró un comportamiento inverso, en el que disminuyó desde 18.85 dS/m (puro) hasta 0.53 dS/m en el tratamiento al 0.01%, el cual fue igual a la C.E. del agua de mesa.

Tabla 20: Condiciones de pH y CE de las diluciones del abono líquido acelerado evaluado en la prueba de germinación de la fase piloto

Dilución (%)	pH	C.E. (dS/m)
100	3.59	18.85
10	3.76	4.36
1	4.46	1.133
0.10	6.63	0.66
0.01	7.07	0.53
0	7.18	0.53

a. Índice de germinación

Los datos obtenidos sobre el porcentaje de germinación relativo (PGR) (Anexo 13), el crecimiento de radícula relativo (CRR) (Anexo 14) y posteriormente el cálculo del índice de germinación (IG) se indican en la Tabla 21.

Zucconi *et al.* (1981) citado por Varnero *et al.* (2007) establecen los siguientes criterios para la interpretación de los índices de germinación: valores de $IG \geq 80\%$ indicarían que no hay sustancias fitotóxicas o que estas están en muy baja concentración, $IG \leq 50\%$ indicaría una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y si $50 < IG < 80$, se interpretaría como una presencia moderada de estas sustancias. La inhibición en el desarrollo de la semilla se debería a que la conductividad eléctrica aun es alta o el pH es bajo.

El mayor PGR (103.57) se obtuvo en la dilución al 0.01%, a esta misma dilución se obtuvo el mayor crecimiento de radícula relativo (CRR) de 115.98, en consecuencia, se logró el más alto índice de germinación (IG) de 120.12, esto indica que no existen sustancias fitotóxicas

en la solución y que, por el contrario, los nutrientes presentes en la dilución han propiciado un mejor desarrollo de las plántulas. Con la dilución al 0.10% también se superó ligeramente el índice de germinación del testigo, este resultado fue influenciado por el CRR.

Tabla 21: Índice de germinación de semillas de lechuga *Lactuca sativa* cv. Lollo en la prueba de germinación de la fase piloto

Dilución (%)	Germinación		Crecimiento radicular		IG (%)
	Número semillas germinadas	PGR (%)	Elongación de la radícula (mm)	CRR (%)	
100	0.0	0	0.0	0	0
10	1.3	7.1	2.8	12.7	0.9
1	18.3	98.2	12.8	57.9	56.9
0.10	17.3	92.9	24.1	108.9	101.1
0.01	19.3	103.6	25.7	116	120.1
Control 0	18.7	-	22.1	-	-

*El número de semillas presentado es el promedio de los resultados obtenidos en tres placas Petri con 20 semillas en cada una de ellas

En la dilución al 1%, se obtuvo un buen porcentaje de germinación relativo (98.21); sin embargo, el crecimiento de radícula relativo fue bajo (57.92), por lo que el IG fue de 56.88; esto indicaría la presencia de sustancias fitotóxicas. Esto se podría deber a que el CRR es un indicador más sensible que el PGR ya que existen metabolitos fitotóxicos que no inhiben la germinación, pero sí limitan el desarrollo de la radícula (Varnero *et al.*, 2007). Asimismo, como se observa el pH bajo (4.46) podría estar afectando el normal desarrollo de esta.

4.2.4. Análisis costo-beneficio

Se evaluó el rendimiento en la producción de 100 L de abono líquido acelerado. Los insumos utilizados fueron en la proporción de 85% de la mezcla de malezas (42 kg) y agua (42 L), 10 % de melaza y 5 % de B-Lac. Las cantidades empleadas en volumen y peso se describen en la Tabla 22.

Tabla 22: Cantidad de insumos empleados (peso y volumen) en la elaboración del ALA en la fase piloto

ml				g			
Maleza	Melaza	B-Lac	Total	Maleza	Melaza	B-Lac	Total
85	10	5	100	71.4	14.0	5	90.4

Tabla 23: Rendimiento obtenido en la cosecha del abono acelerado en la fase piloto

Abono acelerado	Cantidad obtenida
Líquido (L)	68.15
Sólido húmedo (kg)	68.95
Sólido seco (kg)	26.33

Para esta producción, los costos de producción se detallan en la Tabla 24. De esta producción se obtuvo 68 L de abono líquido cuya densidad es de 1.043 g/ml. Asimismo se obtuvo biosol con 61.8% de humedad (Tabla 23).

Tabla 24: Costos de producción del ALA elaborado en la fase piloto

Insumo	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/)	Total (S/)
Balde plástico	Unidad	1	40	40.00
Melaza	kg	10	1	10.00
B-Lac	L	5	10	50.00
Agua	m ³	0.0045	12	0.05
Consumo eléctrico	-	-	-	5.00
Mano de obra	Jornal	2	36	72.00
Costo de producción (S/) - 68 L				177.05
Costo de producción (S/) / L				2.60

Como se observa, la producción del abono líquido acelerado de malezas tiene un costo de 2.60 soles por litro. Cabe resaltar que este cálculo se obtuvo en base al costo de la fase piloto (68 L) de abono líquido producido. Este costo disminuiría al ser elaborado en una escala mayor.

4.3. Fase de campo

4.3.1. Rendimiento

a. Rendimiento total

En la Tabla 25 y Figura 4 se resumen los resultados obtenidos de la cosecha total de lechuga. Se puede apreciar que los rendimientos totales varían entre 21 466 y 26 403 kg/ha. Los tratamientos aplicados no mostraron diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.05$) según

el ANVA (Anexo 15) para el rendimiento total. A pesar de la ausencia de diferencias significativas, se observa una relación positiva entre la frecuencia de aplicación foliar y el rendimiento total. Además, el rendimiento es ligeramente mayor con la aplicación en drench respecto a la aplicación foliar. El mejor resultado fue obtenido con la aplicación en drench cada dos semanas.

Los rendimientos de esta investigación fueron superiores al rendimiento nacional, el cual es 11 029 kg/ha y similar al registrado en Lima Metropolitana de 21 597 kg/ha (SIEA, 2018). Asimismo, Oliveira (2010) obtuvo rendimientos similares con la aplicación de fuentes de materia orgánica (vacaza, gallinaza y cuyaza) enriquecidos con microorganismos eficaces. Por otro lado, investigaciones realizadas por Mollinedo (2006) bajo fuentes de materia orgánica (estiércol y compost de cuy y ovino) y nitrógeno, quien obtuvo entre 42 713 a 57 043 kg/ha y Yucra (2019), quien obtuvo de 56 220 a 60 010 kg/ha con aplicaciones de carbonatita y compost.

El rendimiento total obtenido fue entre 5660 a 6094 docenas/ha (Tabla 25 y Figura 5). Todos los tratamientos superaron al testigo; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas según el ANVA que se muestra en el Anexo 16 ($\alpha = 0.05$). Siguiendo la misma tendencia del rendimiento en kg/ha, se observa que, al aumentar la frecuencia de aplicación foliar, el número de lechugas se incrementa, en este caso lo mismo ocurre para la aplicación en drench.

Los resultados son similares a los obtenidos por Saldívar (2005), quien obtuvo 5270 docenas/ha mediante la aplicación de un biol y de 5989 docenas/ha con aplicación de Humiterra. Asimismo, el rendimiento obtenido cumple con lo descrito por Ugás *et al.* (2000), quien indica un rendimiento de 5000 docenas/ha.

Tabla 25: Rendimientos total, comercial y no comercial empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)			Rendimiento (docenas/ha)			
	Total	Comercial	No comercial	Total	Comercial	No comercial	
T1	Aplicación foliar, 10 ml/l, una vez por semana	21 466.16 a	20 091.16 a	1375.00 a	5920 a	5347 a	573 a
T2	Aplicación foliar, 10 ml/l, dos veces por semana	24 124.87 a	22 499.87 a	1625.00 a	6024 a	5347 a	677 a
T3	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada semana	23 124.50 a	21 499.50 a	1625.00 a	6094 a	5417 a	677 a
T4	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada dos semanas	26 403.93 a	24 112.26 a	2291.67 a	6059 a	5104 a	955 a
T5	Testigo sin aplicación	24 211.30 a	23 169.64 a	1041.67 a	5660 a	5226 a	434 a

Nota: Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey

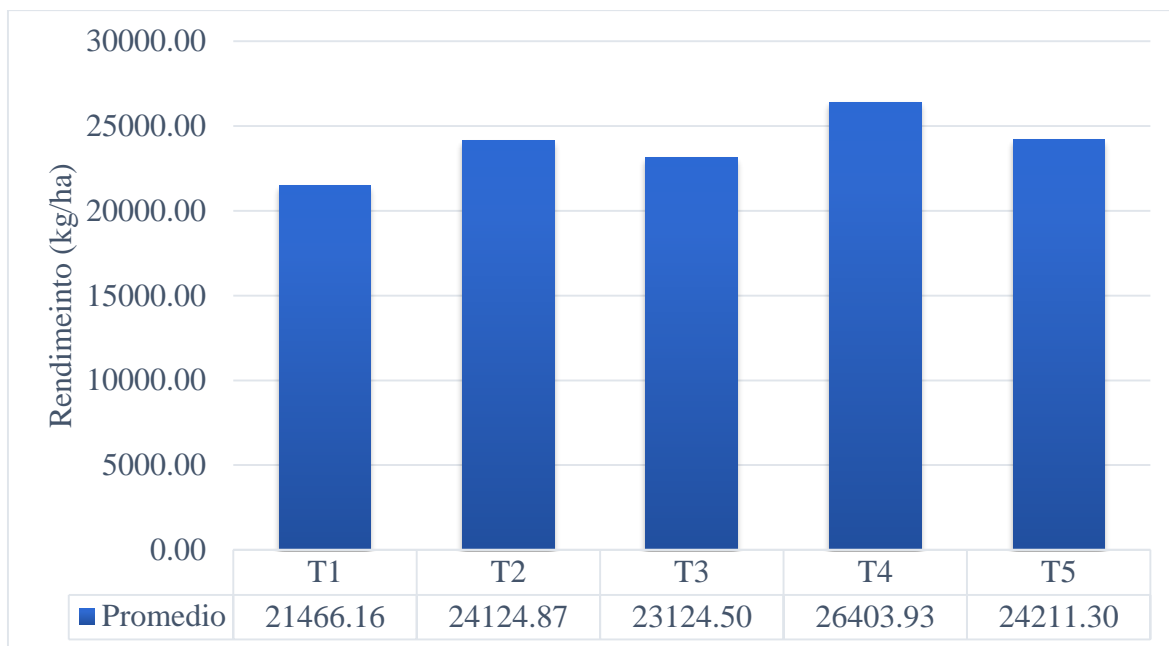


Figura 4: Rendimiento total (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

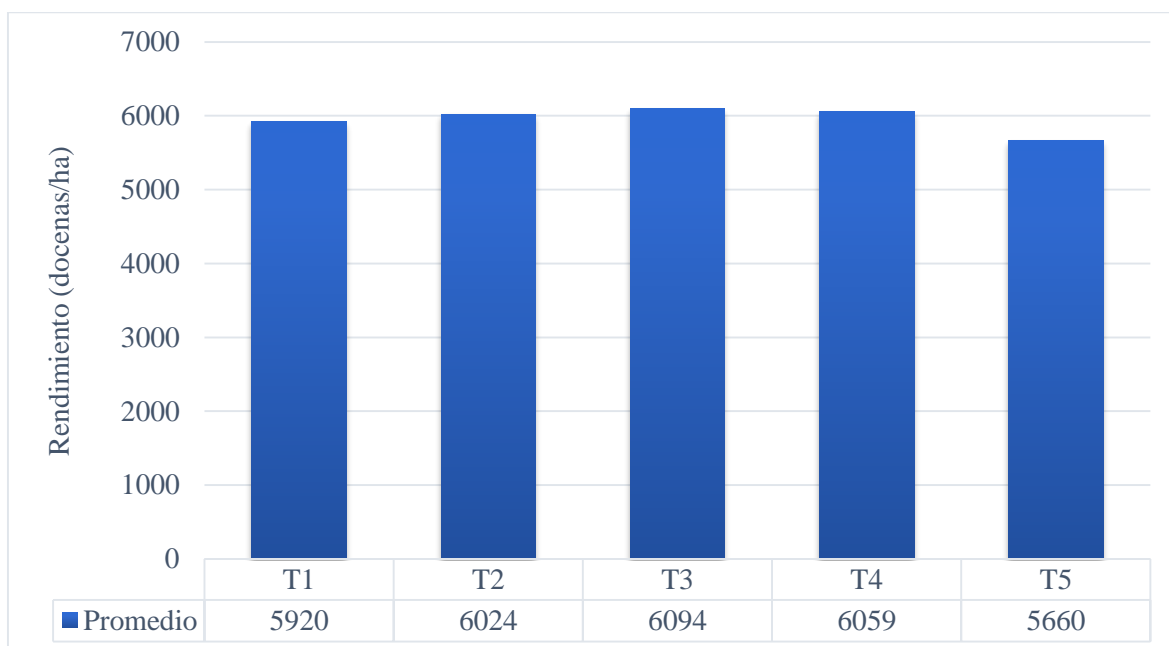


Figura 5: Rendimiento total (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

b. Rendimiento comercial:

Del total de cabezas cosechadas se seleccionaron las que presentaron calidad comercial. Estos resultados se muestran en la Tabla 25 y Figura 6 y se expresan en kg/hectárea. Estos

valores varían entre 20 091 y 24 550 kg/ha. Según el análisis de varianza (Anexo 17), no se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento comercial. El mayor rendimiento comercial respecto a este parámetro fue el tratamiento de aplicación en drench cada dos semanas y el menor valor se registró en el tratamiento de aplicación foliar semanal. Al igual que en el rendimiento total, la tendencia a un incremento del rendimiento se obtiene aplicando con mayor frecuencia el tratamiento foliar, mientras que en la aplicación en drench ocurre lo contrario. El rendimiento comercial va entre el 91.44 y 95.62% del rendimiento total, siendo el mayor porcentaje alcanzado por el testigo y el menor por la aplicación en drench cada dos semanas.

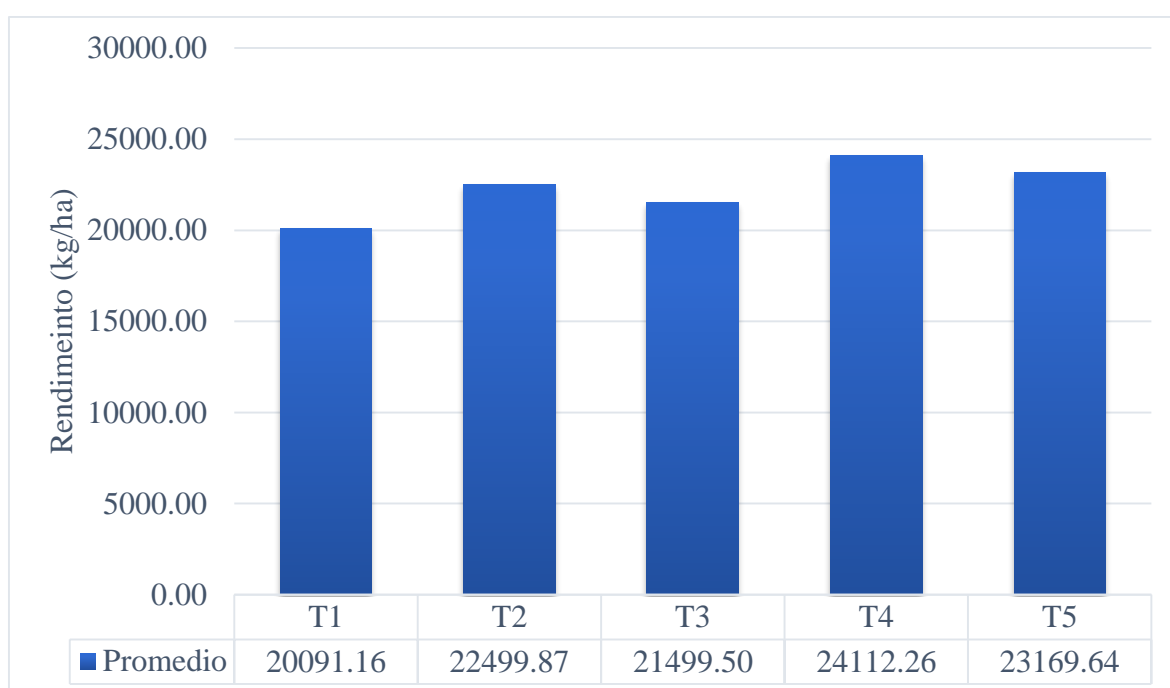


Figura 6: Rendimiento comercial (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

En cuanto al rendimiento en docenas/ha, la Tabla 25 y Figura 7 muestran los resultados obtenidos. Según el análisis de varianza (Anexo 18) no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el rendimiento comercial de lechuga. El mejor rendimiento se obtuvo con la aplicación semanal en drench (5417 docenas/ha). Los tratamientos foliares obtuvieron la misma cantidad de rendimiento (5347 docenas/ha), seguidos del testigo (5226 docenas/ha) y el tratamiento aplicado en drench cada dos semanas, quien obtuvo el menor rendimiento (5104 docenas/ha).

En cuanto al porcentaje que representa el rendimiento comercial respecto al rendimiento total, el mejor resultado se obtuvo con el testigo (92.47 %) y el menor valor fue de 83.62 % que resultó de la aplicación del ALA en drench cada dos semanas. Los resultados del rendimiento comercial obtenidos fueron superiores a los reportados por Zaldívar (2005) con la aplicación de biol (3900 docenas/ha) y Humiterra (4688 docenas/ha).

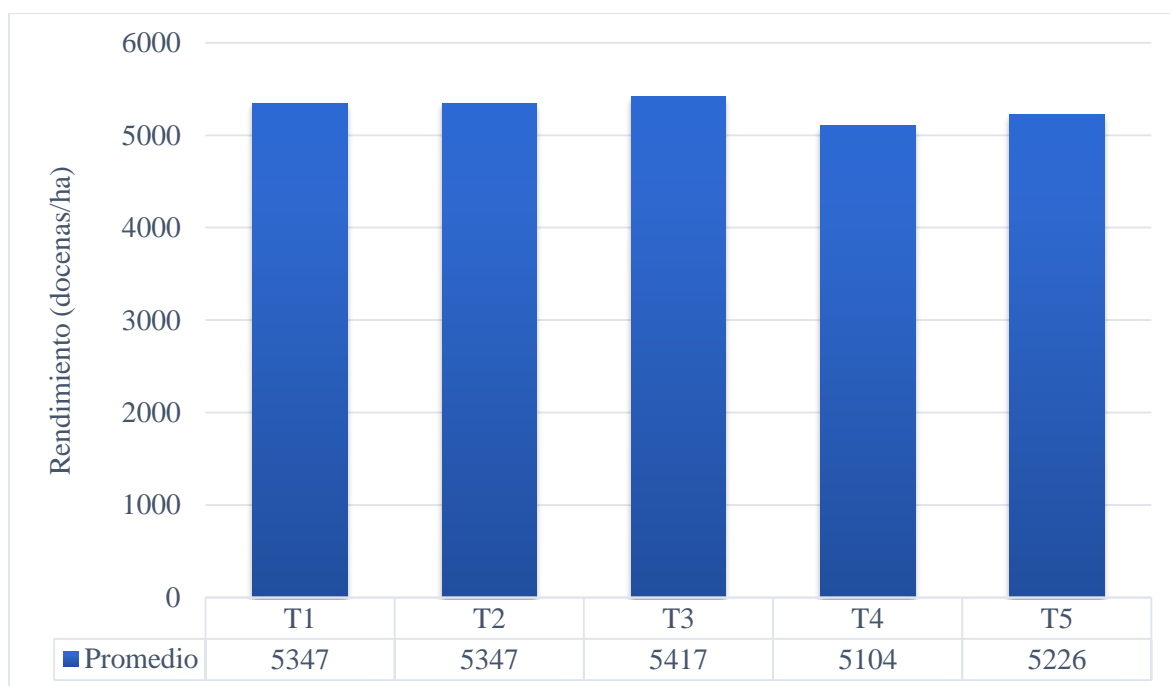


Figura 7: Rendimiento comercial (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

c. Rendimiento no comercial:

La cosecha puede presentar mermas que constituyen el rendimiento no comercial. Este grupo está conformado por aquellas plantas que florecen prematuramente, presentan daños de plagas y/o enfermedades, y aquellas que no logran formar cabeza. A pesar de que algunas de estas características son propias del cultivar o el clima, también pueden estar influenciadas por la fertilización, por ello, se evaluó este parámetro.

En la Tabla 26 se muestra el porcentaje de cabezas dañadas por plagas y/o enfermedades, las que no formaron cabeza y las que presentaron floración prematura. El mayor porcentaje de pérdida se debió a los problemas fitosanitarios, los cuales representaron el 6.1% de

pérdida total, la ausencia de formación de cabeza o retraso de esta, significó el 5% de pérdida respecto al total y la floración prematura solo se presentó en el 0.3% del total de la producción, principalmente debido a las condiciones favorables de temperatura durante el periodo del cultivo (Anexo 1).

Tabla 26: Porcentaje de cabezas con daños de plagas y/o enfermedades, aquellas que no formaron cabeza o con floración prematura empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La

Tratamiento		Daño por plagas y/o enfermedades (%)	No formó cabeza (%)	Floración prematura (%)	Total no comercial (%)
T1	Aplicación foliar, 10 ml/l, una vez por semana	6.2	3.5	0.0	9.7
T2	Aplicación foliar, 10 ml/l, dos veces por semana	4.3	6.9	0.0	11.2
T3	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada semana	7.7	3.1	0.3	11.1
T4	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada dos semanas	6.3	9.5	0.0	15.8
T5	Testigo sin aplicación	5.8	1.8	0.0	7.7
Promedio		6.1	5.0	0.1	11.09

El rendimiento no comercial varió entre 1041.67 kg/ha en el testigo hasta 2291 kg/ha con el tratamiento de aplicación en drench cada dos semanas (Tabla 25). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el ANVA ($\alpha = 0.05$) del Anexo 19.

En la Figura 8 se muestra la relación entre el porcentaje de rendimiento comercial y no comercial en kilogramos/ha. Se puede apreciar que, en el testigo se logró un mayor porcentaje comercial tanto en el rendimiento expresado en kilogramos/ha (95.62 %) como en docenas/ha (92.47 %) (Figura 9), de igual modo, la aplicación en drench cada dos semanas obtuvo el mayor rendimiento no comercial (8.56 %) en kg/ha y 16.4 % del rendimiento total en docenas/ha). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el rendimiento no comercial en el ANVA ($\alpha = 0.05$) en el Anexo 20.

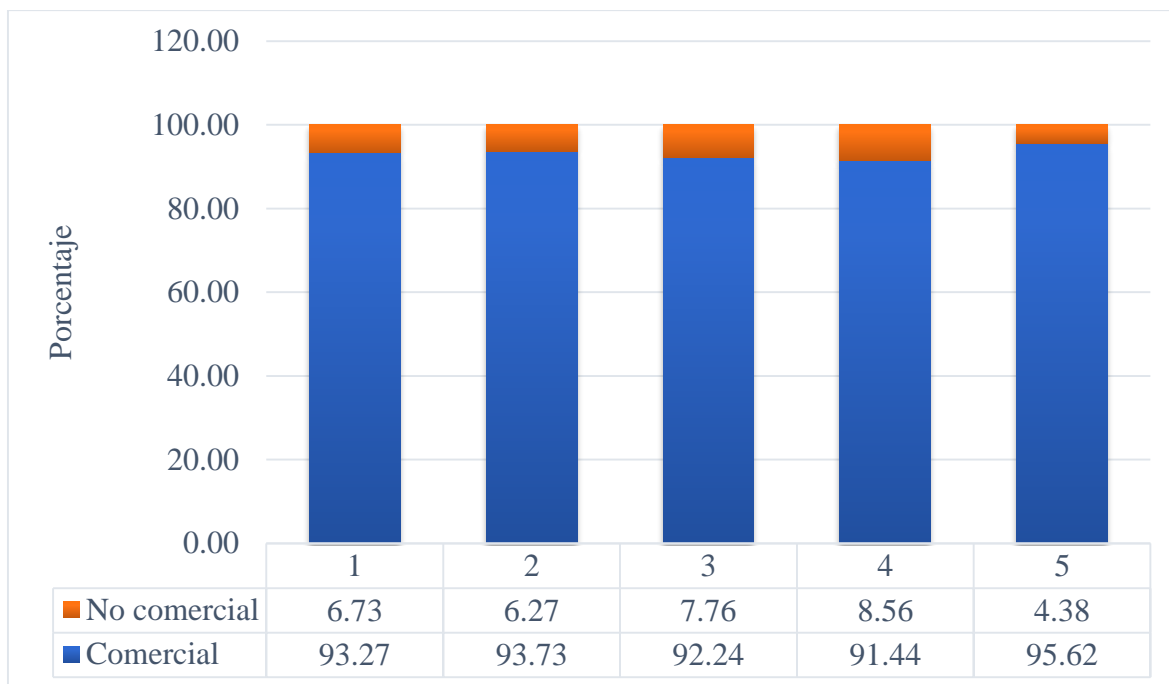


Figura 8: Porcentaje de rendimiento comercial y no comercial (kg/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

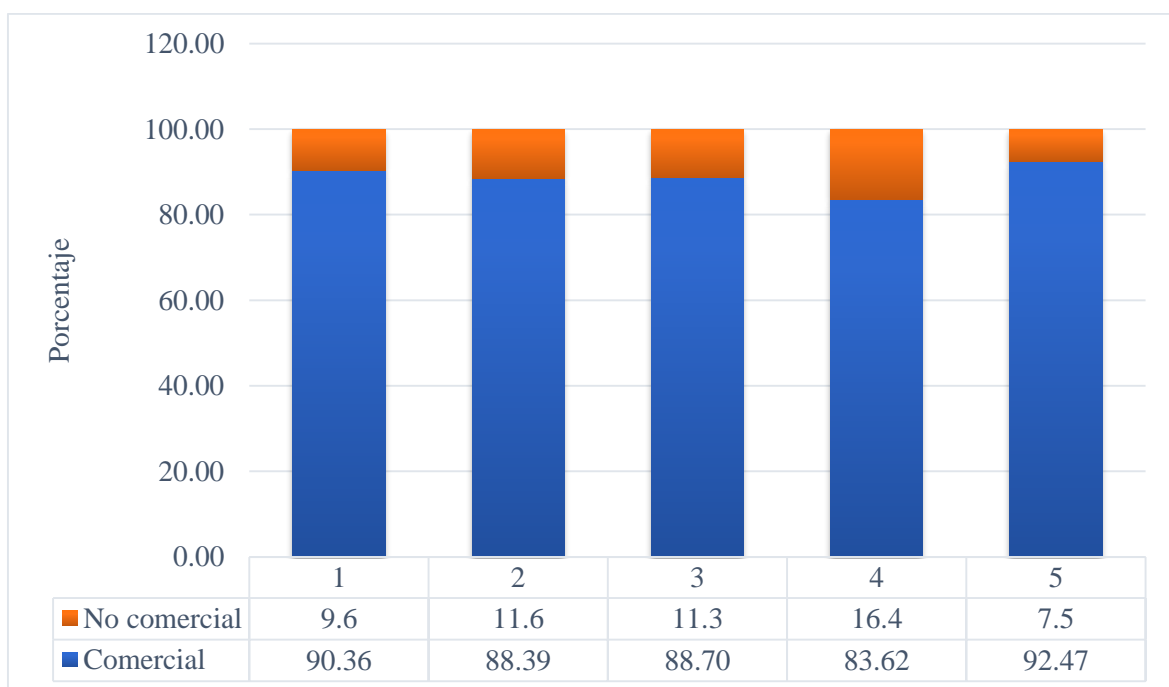


Figura 9: Porcentaje de rendimiento comercial y no comercial (docenas/ha) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

d. Distribución de las cosechas realizadas

Se concluye que la aplicación de los diferentes tratamientos afectó la relación entre el rendimiento comercial y no comercial, ya que el rendimiento comercial de los tratamientos fue siempre menor al testigo; sin embargo, hay que recalcar que un mayor porcentaje de rendimiento comercial no significa un mayor rendimiento.

La distribución de cosechas nos permite conocer en qué momento se concentra la producción durante el periodo de cosecha. Se puede observar en la Figura 10 que en general, todos los tratamientos concentraron la producción al inicio de la cosecha y esta va disminuyendo en las cosechas posteriores, excepto el tratamiento con aplicación de drench cada dos semanas, en el cual se observa una disminución considerable de la producción en la segunda cosecha y un aumento final en la última cosecha. Se observa que el testigo presenta mayor porcentaje de producción en la primera cosecha respecto a los demás tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las cosechas según el ANVA ($\alpha = 0.05$) presentado en el Anexo 21.

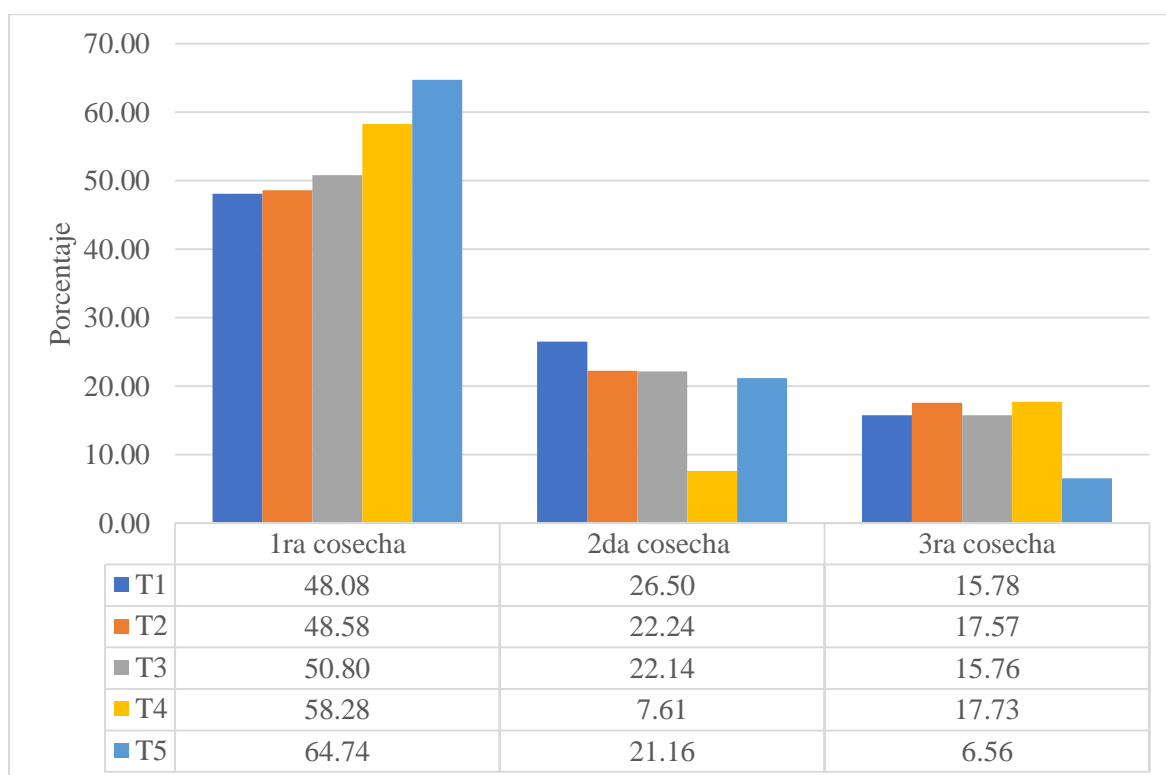


Figura 10: Distribución de la cosecha comercial (%) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

En general, la primera cosecha concentra el 54 % de la producción, dentro del cual, las aplicaciones foliares semanal y dos veces por semana alcanzaron el 48.08 % y 48.58 % de su producción en la primera semana de cosecha, respectivamente. Seguido de estos está la aplicación en drench semanal con el 50.80 %, la aplicación en drench cada dos semanas con el 58.28 %.

En la segunda semana de cosecha se cosechó en promedio el 19.93 % de la producción total y en la tercera semana de cosecha de obtuvo el 14.68 % de esta. Aparentemente la aplicación del abono líquido no ayudó a concentrar la producción de lechuga bajo las condiciones del presente ensayo.

4.3.2. Calidad externa

En la tabla 27 se presentan las principales características de calidad de lechuga expresadas en peso promedio, diámetro y altura de cabeza.

Tabla 27: Peso fresco, altura y diámetro de cabeza empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019).

	Tratamiento	Peso fresco (kg/planta)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
T1	Aplicación foliar, 10 ml/l, una vez por semana	0.471 a	13.58 a	15.14 a
T2	Aplicación foliar, 10 ml/l, dos veces por semana	0.429 a	13.27 a	15.41 a
T3	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada semana	0.420 a	13.20 a	15.41 a
T4	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada dos semanas	0.388 a	13.34 a	15.56 a
T5	Testigo sin aplicación	0.457 a	14.05 a	15.40 a

Nota: Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey

a. Peso fresco

La Tabla 27 y la Figura 11 muestran los resultados obtenidos para el peso fresco de la parte aérea e indican que los tratamientos con mayor peso fresco por planta fue la aplicación foliar semanal (0.471 kg), seguido del testigo (0.457 kg), el menor peso fresco se obtuvo con la aplicación en drench cada dos semanas (0.388 kg). En el caso de la aplicación en drench, esta es directamente proporcional a la frecuencia de aplicación del abono líquido. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el peso fresco de cabezas de lechuga (Anexo 22).

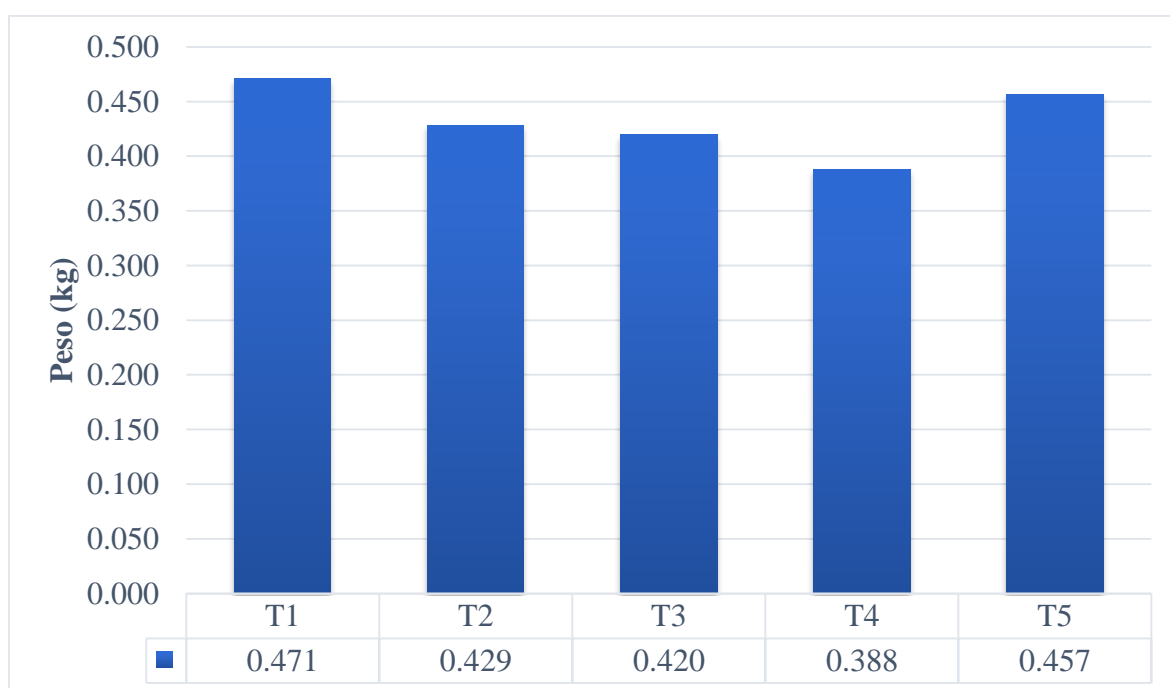


Figura 11: Peso fresco (kg) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

Zaldívar (2005) obtuvo pesos de cabeza mayores, siendo estos de 0.68 kg con biol y 0.72 kg con Humiterra. De la misma manera, Mollinedo reportó valores ligeramente superiores de 0.42 a 0.57 kg con la aplicación de estiércol de cuy, estiércol ovino, compost de cuy y compost ovino. Jaramillo (2014) indica que a menores distancias cada cabeza tendrá menor peso, pero se obtendrá mayor número.

b. Altura

En la Tabla 27 y la Figura 12 se muestran los resultados para la variable altura del repollo. En esta variable tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (Anexo 23). El testigo mostró mayor altura (14.05 cm) frente a los demás tratamientos.

Los resultados obtenidos fueron similares a los que encontró Yucra (2019): 12.47 a 13.88 cm con la aplicación de carbonatita y Zaldivar (2005) con la aplicación de biol (12.03 cm) y Humiterra (12.67 cm). Mollinedo (2006) reportó mayores valores de altura (16.2 a 21.6 cm) con la aplicación de estiércol de cuy, estiércol ovino, compost de cuy y compost ovino.

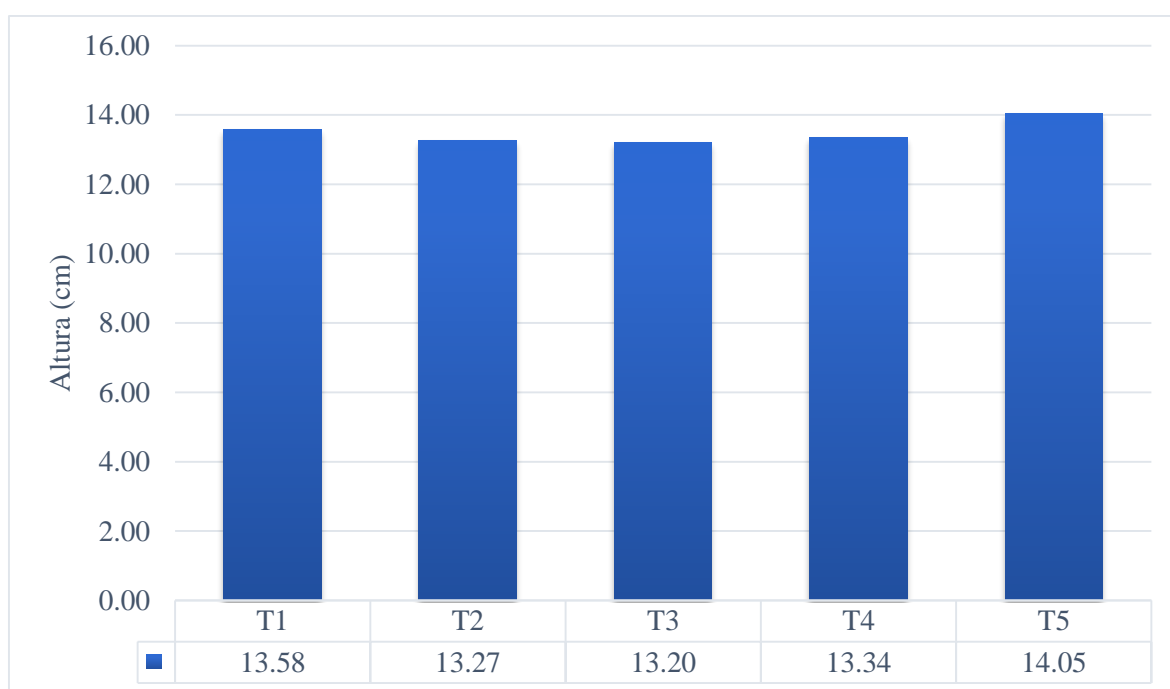


Figura 12: Altura (cm) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

c. Diámetro de cabeza

En la Tabla 27 y la Figura 13 se muestran los resultados para la variable diámetro de la cabeza de lechuga. El análisis de variancia (Anexo 24) muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Todos los tratamientos presentan diámetros muy homogéneos.

Yucra (2019) reportó en su investigación diámetros menores (11.54 a 12.76 cm) con la aplicación de carbonatita, respecto a los valores obtenidos en este ensayo. Resultados similares fueron obtenidos por Zaldívar (2005), los cuales fueron de 12.88 cm con la aplicación de biol y de 13.49 cm con Humiterra. Por otro lado, Mollinedo (2006) obtuvo resultados superiores de 19.8 cm a 26.5 con la aplicación de estiércol de cuy, estiércol ovino, compost de cuy y compost ovino.

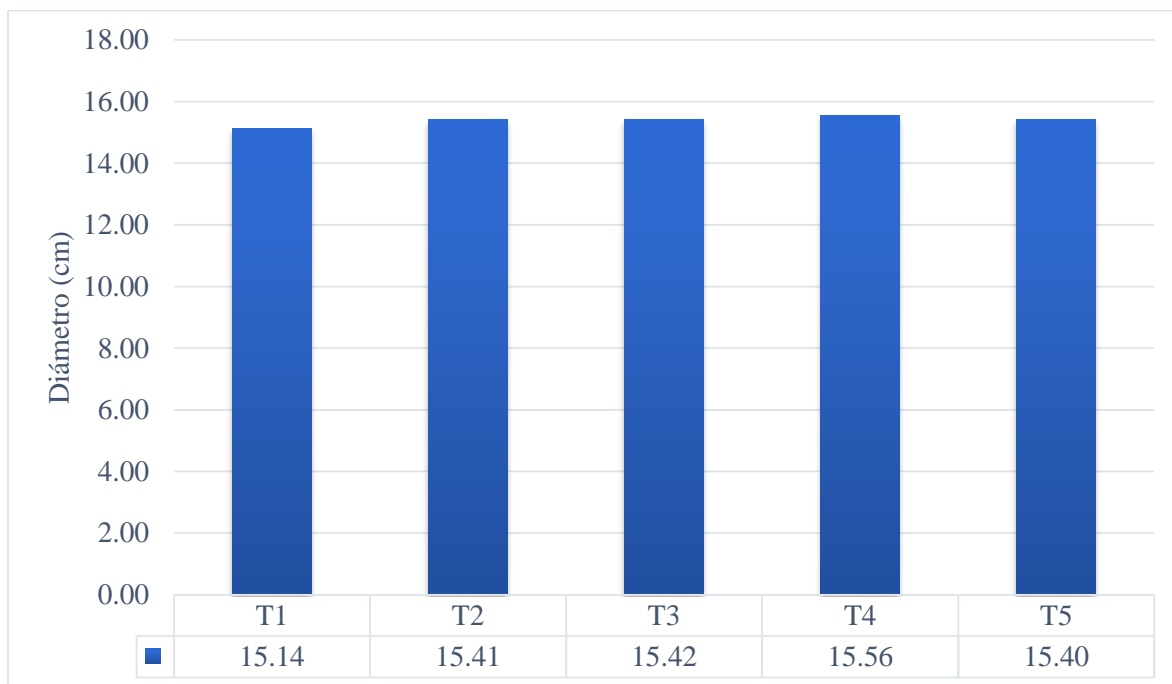


Figura 13: Diámetro (cm) empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

4.3.3. Materia seca

Los porcentajes de materia seca de los diferentes tratamientos variaron entre 1.77 % a 2.35 % (Tabla 28 y Figura 14). Según el análisis de varianza (Anexo 25) existen diferencias estadísticas. Al realizar la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) se encontró diferencias significativas (Tabla 28) entre el tratamiento de aplicación foliar dos veces por semana (2.65 %) respecto a los demás tratamientos incluyendo el testigo.

Para este parámetro, el testigo presentó el menor porcentaje de materia seca (1.73 %), respecto a los tratamientos foliares, se evidencia un aumento significativo en el porcentaje

de materia seca al aumentar la frecuencia de aplicación, mientras que en la aplicación en drench, el mayor valor se registra cuando la frecuencia de aplicación es menor.

Tabla 28: Porcentaje de materia seca empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

Tratamiento		Materia seca (%)
T1	Aplicación foliar, 10 ml/l, una vez por semana	1.88 b
T2	Aplicación foliar, 10 ml/l, dos veces por semana	2.35 a
T3	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada semana	1.88 b
T4	Aplicación en drench, 50 ml/l, cada dos semanas	2.01 b
T5	Testigo sin aplicación	1.73 b

Nota: Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey

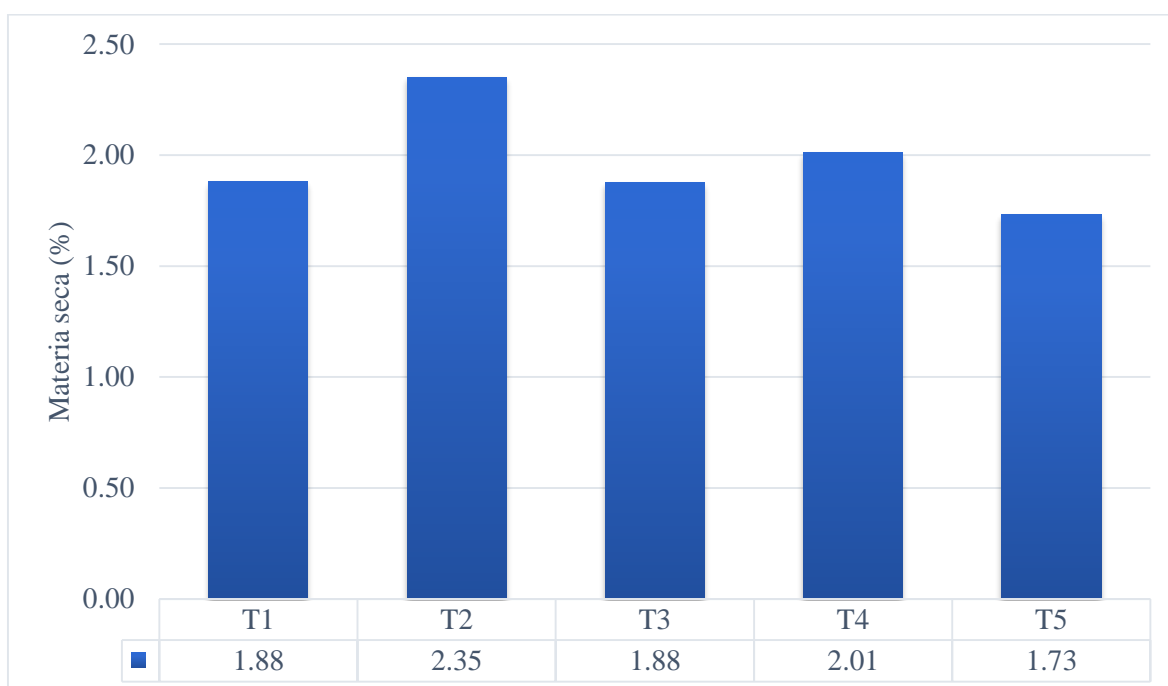


Figura 14: Porcentaje de materia seca empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

Yucra (2019) encontró valores mayores a los reportados en este estudio, los cuales fueron de 2.52 % a 3.04% con aplicación de carbonatita. Zaldívar (2005) reportó valores altamente superiores de 8.34 % con biol y 7.28 % con Humiterra.

4.3.4. Macronutrientes

Se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en la materia seca foliar de los diferentes tratamientos. Los resultados se resumen en la Tabla 29.

a. Contenido de nitrógeno

En la tabla 29 y la Figura 15 se muestran los porcentajes de los contenidos de nitrógeno en la materia seca foliar de la lechuga, en donde se observa que el análisis de variancia muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (Anexo 26).

Tabla 29: Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio empleando el abono líquido acelerado en forma foliar y concentrada en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) cv. Bernardina RZ (La Molina 2019)

Tratamiento	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	(mg/planta)	(%)	(mg/planta)	(%)	(mg/planta)	(%)
T1 Aplicación foliar, 10 ml/l, una vez por semana	312.27 a	3.50 a	48.96 a	0.56 a	484.19 ab	5.38 a
T2 Aplicación foliar, 10 ml/l, dos veces por semana	291.49 a	2.97 a	52.09 a	0.52 a	541.45 a	5.39 a
T3 Aplicación en drench, 50 ml/l, cada semana	238.75 a	2.99 a	41.94 a	0.53 a	367.22 ab	4.71 a
T4 Aplicación en drench, 50 ml/l, cada dos semanas	240.70 a	3.08 a	41.40 a	0.53 a	332.75 b	4.24 a
T5 Testigo sin aplicación	216.65 a	2.77 a	44.67 a	0.56 a	407.02 ab	5.09 a

Nota: Valores en cada columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey

La tabla de promedios de los tratamientos indicó que los tratamientos con mayor contenido de nitrógeno foliar fueron aquellos que recibieron aplicación foliar semanal (312.27

mg/planta) y dos veces por semana 291.49 mg/planta), seguidos de los tratamientos en drench semanal (238.75 mg/planta) y cada dos semanas (240.70 mg/planta). El testigo mostró el menor contenido de nitrógeno foliar (216.65 mg/planta). Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Mollinedo (2006), quien obtuvo entre 59.41 a 156.8 mg/planta) con la aplicación de estiércol de cuy, estiércol ovino, compost de cuy y compost ovino.

Medina (2015) indica que los niveles normales de nitrógeno en hoja van de 3.5 a 5 %, por lo que los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 29) son aceptables. Yucra (2019) reportó valores entre 1.99 a 2.33 % de nitrógeno con la aplicación de carbonatita. Reyes y Soller (2013) indican que la deficiencia de nitrógeno constituye una de las principales causas de los bajos rendimientos en el cultivo. Por otro lado, la fertilización debe suspenderse por lo menos una semana antes de la cosecha para evitar la acumulación de nitratos en las hojas.

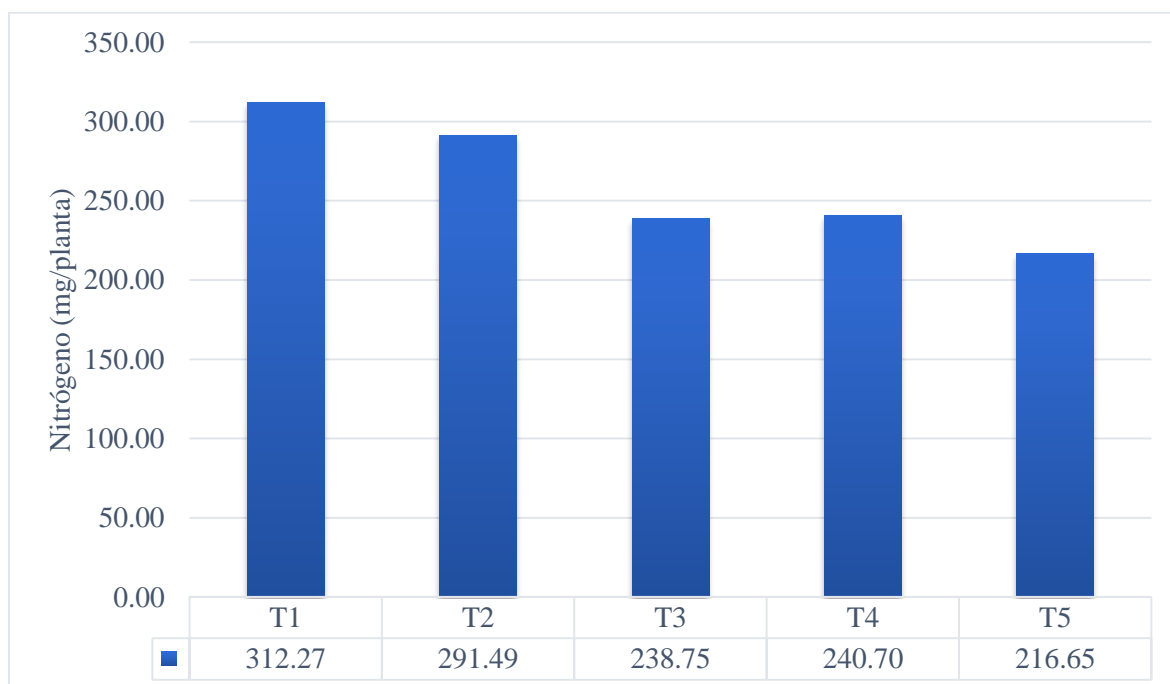


Figura 15: Contenido de nitrógeno en la materia seca foliar de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019

b. Contenido de fósforo

Según los resultados presentados en la Tabla 29 y en la Figura 16, no existen diferencias estadísticamente significativas al realizar el análisis de varianza (Anexo 27). Los mayores

contenidos de fósforo se encontraron en los tratamientos aplicados foliarmente dos veces por semana (52.09 mg/planta) y semanal (48.96 mg/planta). Aquí se observa que cuanto más frecuente es la aplicación foliar, mejor es la respuesta de la planta. Las aplicaciones en drench fueron similares con 41.94 mg/planta al aplicarlo semanalmente y 41.40 mg/planta cuando se aplicó cada dos semanas. El testigo fue ligeramente superior a estos últimos (44.67 mg/planta). Medina (2015) indica que los niveles normales de fósforo en hoja van de 0.3 a 0.6 %, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio (Tabla 29).

c. Contenido de potasio en la materia seca

En la Tabla 29 y la Figura 17 se muestra el contenido de potasio obtenido de los tratamientos. Al igual que en el caso del fósforo, las aplicaciones foliares obtuvieron los mejores resultados.

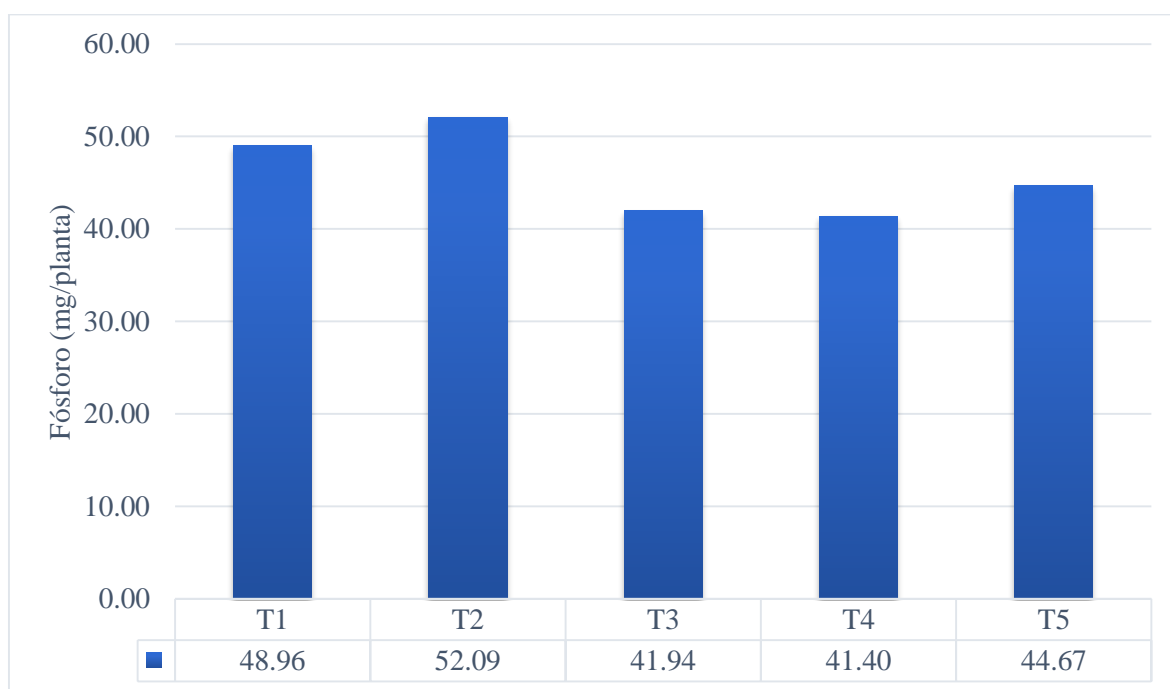


Figura 16: Contenido de fósforo en la materia seca foliar de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019

La aplicación semanal obtuvo 484.19 mg/planta y 541 mg/planta al aplicarlo dos veces por semana. La aplicación en drench fue de 367.22 mg/planta cuando se aplicó semanalmente y de 332.75 mg/planta al aplicarlo cada dos semanas. El testigo mostró resultados superiores a la aplicación en drench, pero inferior a la aplicación foliar. Aparentemente una mayor

frecuencia de aplicaciones mejora el contenido de este elemento en la planta. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el análisis de varianza (Anexo 28), por lo que al realizar la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), se encontró que el tratamiento aplicado foliarmente dos veces por semana fue estadísticamente diferente a los demás (Tabla 29).

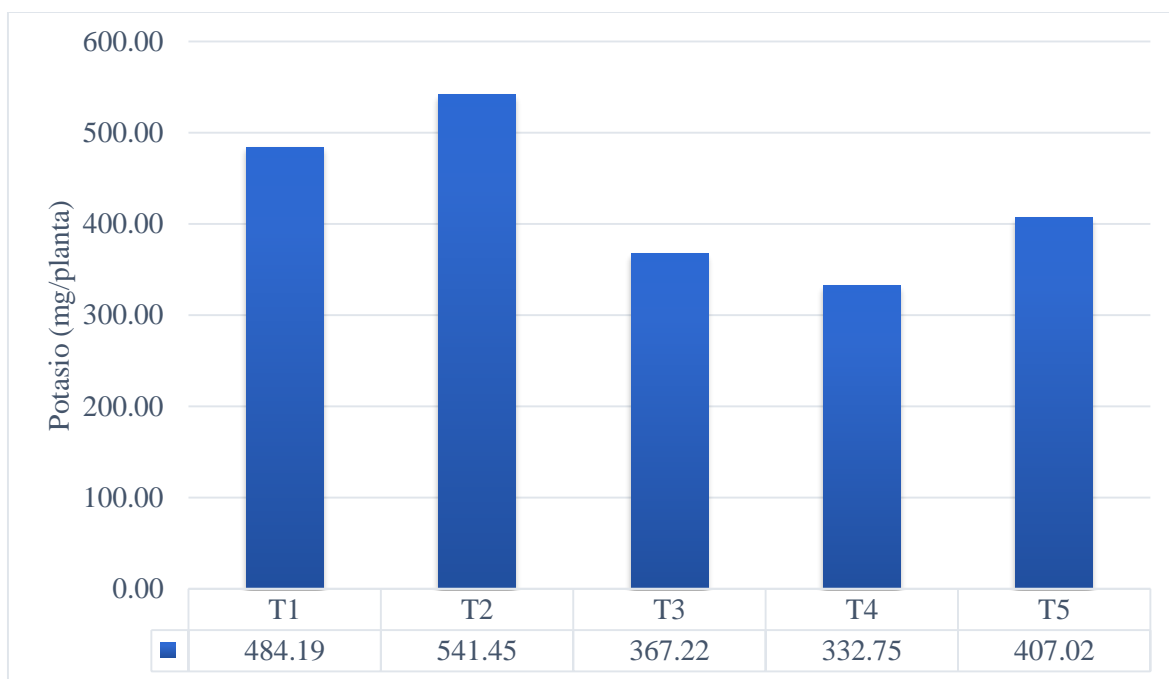


Figura 17: Contenido de potasio en la materia seca foliar de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Bernardina RZ (mg/planta). La Molina 2019

Al comparar los resultados del porcentaje de potasio en follaje con los valores reportados por Medina (2015) (4.5 a 6.3 %), observamos que los resultados obtenidos en este estudio (Tabla 29) se encuentran dentro del rango normal. Yucra (2019) reportó porcentajes de potasio menores de 3.29 a 4.09 % con la aplicación de carbonatita.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se condujo el experimento, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

1. Mediante el proceso de fermentación homoláctica fue posible reaprovechar las malezas para el desarrollo de un abono orgánico líquido acelerado.
2. Las características fisicoquímicas como el pH, ácido láctico, análisis microbiológico y contenido de nutrientes indican su potencial como biofertilizante.
3. La aplicación del abono líquido acelerado de malezas no mostró efecto significativo sobre el rendimiento ni calidad de la lechuga, pero sí lo tuvo sobre el contenido de materia seca y potasio. Las aplicaciones del ALA indicaron como mejor tratamiento la aplicación foliar dos veces por semana.

VI. RECOMENDACIONES

Este trabajo de investigación es el primero en la evaluación de la producción de un abono líquido acelerado mediante la fermentación homoláctica de malezas. Como línea base se evaluó dos vías de aplicación, dos frecuencias para cada modo de aplicación y una concentración de ALA para cada vía; los tratamientos fueron tomados en base a experimentos previos similares en otros cultivos hortícolas. Debido a que a pesar de que no se evidenció un efecto significativo sobre el rendimiento y calidad de la lechuga, pero sí se observó un incremento numérico, por lo que se recomienda:

1. Evaluar el efecto del aumento de la frecuencia de aplicaciones, especialmente foliares, así como una mayor concentración, ya que en esta investigación base se encontró cierto incremento cuantitativo con estos tratamientos
2. Se recomienda investigar el efecto del ALA en cultivos de mayor duración en los que el efecto pueda ser mejor observable y en diferentes estados fenológicos donde el contenido de materia seca, potasio y calcio sea mejor observable.
3. Evaluar a largo plazo el efecto de la aplicación en la fauna y características físico-químicas del suelo, realizando un análisis del suelo luego de la aplicación al suelo en campañas sucesivas.
4. Enriquecer un abono líquido acelerado con otras fuentes de origen animal como estiercol o guano de isla para conferir mejores características de nutrientes, especialmente un mayor aporte de nitrógeno. En investigaciones similares se encontró un perfil más favorable mediante el uso de estas fuentes.
5. Debido a la facilidad y corta duración, se recomienda su elaboración y uso por parte de los agricultores empleando los insumos disponibles en el lugar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abensur, J. (1998). Cultivo de la lechuga. Imagen Educativa, Lima, Perú.
- Aldon, D. (2008). Estrategia ambiental de aprovechamiento de la macroalga *Ulva lactuca* (lechuga de mar) atreves del proceso de ensilaje [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Alegre, J. (1977). Efecto de enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, Porosidad, Humedad Equivalente y CIC de un suelo de Costa, La Molina [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Aparcana, S. y Jansen, A. (2008). Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentación Anaeróbica para Producción de Biogás (Reporte No. BM-4-00-1108-1239). Recuperado de: http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf
- Arévalo, G., y Castellano, M. (2009). Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Pitty, A (ed.). Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 57 p. Consultado 25 oct. 2018. Recuperado de: https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_6_Manual_Fertilizantes_y_Enmiendas..pdf
- Baddi, G. A., Tortosa, G., Albuquerque, J. A., Antizar-Ladislao, B., y Cegarra, J. (2016). The Production of Liquid Organic Fertilizers Enriched with Humic Substances from Mature Alperujo (Olive Mill Wastes) Compost. En L. Bates (Ed.), *Humic Substances and Natural Organic Matter* (Vol. 1, pp. 19–28). Nova Science Publishers.

<http://www.compostandociencia.com/wp-content/uploads/2016/12/2016-Organic-matter-BOOK.pdf>

Baker, H. G. (1974). The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5(1), 1-24. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000245>

Buchelli, H. (2014). Producción de biofertilizante de bagazo de cebada, excretas de vacuno y suero de quesería mediante fermentación homoláctica [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Cabeza, E. (2006, septiembre 15 y 16). Bacterias ácido-lácticas (BAL): aplicaciones como cultivos estarter para la industria láctea y cárnica. Simposio Regional de Microbiología: Microorganismos Eficientes en el Sector Productivo, Barranquilla, Colombia. <https://doi.org/10.13140/2.1.2241.2169>

Cerna, L. (2013). Ciencia y tecnología de malezas (1.a ed., Vol. 1). Fondo Editorial UPAO. https://static.upao.info/descargas/a4edce5d6f6335e5962a6ebda57542ee4a790fafe9c2b4aca87456e6400b6d66712656432627beb12645cc159049ce0a2b5ad37b37c33a39c71123fa4572af01/Ciencia_tecnologiamalezas.pdf

Chávez, Á., y Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, 9(2), 90–107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>

Chevallier, S. y Toribio, M. (2006). Volatilización del amoníaco. Departamento de Investigación y Desarrollo – PROFERTIL S.A. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica de trigo campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 105: 69-82. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/105/trigo2006_69.pdf

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1989). Información básica sobre la competencia entre las malezas y los cultivos; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Jerry Doll. Producción: Cilia L. Fuentes de Piedrahita. Cali, Colombia, CIAT. 42 p. (Serie: 04SW-01.02). Recuperado de: https://books.google.com.pe/books?id=NqN1XgUfde8C&pg=PA2&lpg=PA2&dq=CIAT.+1989.+Informaci%C3%B3n+b%C3%A1sica+sobre+la+competencia+entre+las+malezas+y+los+cultivos&source=bl&ots=Fb5mXtxH-b&sig=ACfU3U1IjXUJr_avefVeIz5Ip7n56Y7grQ&hl=es-

419&sa=X&ved=2ahUKEwiKl8v64cnoAhX5HLkGHQBCB98Q6AEwAnoECAwQKw#v=onepage&q=CIAT.%201989.%20Informaci%C3%B3n%20b%C3%A1sica%20sobre%20la%20competencia%20entre%20las%20malezas%20y%20los%20cultivos&f=false

- Colque, T.; Rodríguez, D.; Mujica, A.; Canahua, A.; Apaza, V. y Jacobsen, S. (2005). Producción de biol Abono Líquido Natural y Ecológico. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Puno. Recuperado de https://www.academia.edu/23671098/producci%C3%B3n_de_biol_abono_l%C3%ADquido_natural_y_ecol%C3%B3gico_estacion_experimental_illpa_puno_puno_-_peru_septiembre_2005_inia_Instituto_Nacional_de_Investigaci%C3%B3n_y_Extensi%C3%B3n_Agraria
- FAO. (2002). Los Fertilizantes y su uso una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extensión (1.a ed., Vol. 1). Food & Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. ISSN: 0138-6204, vol. XLI, núm. 2, 2007, pp. 51-57. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223114970009.pdf>
- Fernández-Quintanilla, C. y Saavedra, M. (1991). Malas hierbas: conceptos generales. En: Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid: Mundi Prensa, pp.26-48.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Moller, I., y White, P. (2012). Functions of Macronutrients. En P. Marschner (Ed.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3.a ed., pp. 135–189). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- Herrera, R. (2017). Elaboración de un abono líquido a partir de residuos de fresa (*Fragaria x ananassa*) por fermentación láctica [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Holle, M.; Montes, A. (1966). Lechuga. Departamento de Publicaciones de la Universidad Agraria. Olericultura Boletín No. 4. Lima, Perú. 20 p.
- Holzner, W. (1982). Concepts, categories and characteristics of weeds. En W. Holzner & M. Numata (Eds.), Biology and ecology of weeds (1.a ed., Vol. 1, pp. 3–20). Springer Science+Business Media Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0916-3>
- Hoornweg, D. (1999). What a Waste: Solid Waste Management in Asia.

- INIA (Instituto de Innovaciones Agropecuarias). (2004). Preparación y utilización de compost en hortalizas. Informativo N° 19. Gobierno de Chile. Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR31531.pdf>
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). (2008). Producción y uso del biol. Folleto. Serie N° 2: Tecnologías apropiadas para la conservación in situ de los cultivos nativos Lima, Perú, 1era edición. Recuperado de: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/115/1/Uso_Biol_Lima_2008.pdf
- InfoStat. (2017). Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [Statistical Software]. <http://www.infostat.com.ar>
- Japon, J. (1977). La lechuga. Madrid, s.e. p. 20. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf
- Jaramillo, J., Aguilar, P., Espitia, E., Tamayo, P., Argüello, O., y Guzmán, M. (2014). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472_65800.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ma, S., He, F., Tian, D., Zou, D., Yan, Z., Yang, Y., Zhou, T., Huang, K., Shen, H., y Fang, J. (2018). Variations and determinants of carbon content in plants: a global synthesis. *Biogeosciences*, 15, 693–702. <https://doi.org/10.5194/bg-15-693-2018>
- Mata, C. (1999). Empleos de fermentos lácticos en la fabricación de productos cárnicos [Tesis doctoral en Veterinaria, Universidad de Córdoba]. Recuperado de: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/219>
- Medina, F. (2015). Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga. *Revista agropecuaria* N° 22. <https://docplayer.es/58878105-Necesidades-nutricionales-y-de-riego-de-la-lechuga.html>
- Meza, L. (2014). Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac [Tesis Biólogo, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Monroy, O. y Viniegra, G. (1981). *Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. ISBN: 968463000X. s.l., AGT Editor. 260 p. Consultado 4 nov. 2018. Recuperado de

<https://books.google.com.pe/books?id=mQJbPQAACAAJ&dq=biotecnologia+para+el+aprovechamiento+de+los+desperdicios+organicos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiToJjTrbzeAhWFwFkKHc9sDIIQ6AEIJzAA>

Navarro, G., y Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. Ediciones Mundi-Prensa. https://books.google.com.pe/books?id=3McUBQAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Navarro, J., Moral, R., Gómez, I., & Mataix, J. (1995). Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. https://www.researchgate.net/publication/235941169_Residuos_organicos_y_agricultura

Negri, L. (2005). El pH y la acidez de la leche. En: Manual de Referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2° ed. INTA. p. 155-161. Recuperado de: <http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/pH-y-acidez-en-leche2.pdf>

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). (2015). Desarrollo de un Estudio para un Protocolo de Agricultura Sustentable. Santiago de Chile, s.e. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/informeProtocoloAgriculturaSustentable.pdf>

Oliveira, C. (2010). Efectos de tres fuentes de materia orgánica (vacaza, gallinaza y cuyaza), enriquecidos con microorganismos benéficos (EM) en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Lamas [Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional de San Martín].

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2018, 7 febrero). *E. coli*. OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

Parra, R. (2010). Review. bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93–105. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a12.pdf>

Peralta-Veran, L., Juscamaita-Morales, J., y Meza-Contreras, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>

- Peralta, L. (2010). Determinación de parámetros óptimos en la producción de Fast Biol usando excretas del ganado lechero del establo de la UNALM [Trabajo de investigación Biólogo, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Pujadas, A., y Hernández, J. (1988). Concepto de Mala Hierba. ITEA, 75, 47–56.
- Quiñones, H. (2016). Producción de abono líquido acelerado con heces de alpaca, lactosuero bovino y melaza de caña mediante fermentación homoláctica [Tesis Mg. Sc. en Producción animal, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Ramírez, J., Rosas, P., Velázquez, M., Ulloa, J., y Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Fuente, Año 2(No. 7), 1–16. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
- Ramos, D., y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales, 35(4), 52–59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>
- Reyes, A. y Soller, L. (2013). Efecto de la fertilización nitrogenada y de la materia orgánica en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) c.v. White Boston improved y las propiedades del suelo en condiciones de Tapo – Huaribamba [Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional de Huancavelica].
- Ricse, Y. (2013). Elaboración de biofertilizante acelerada vía fermentación homoláctica del residuo de procesamiento de rocoto (*Capsicum pubescens*) [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Rijk Zwaan. (s. f.). Bernardinas RZ (45–79). Rijk Zwaan AU. <https://www.rijkszwaan.com.au/find-your-variety/lettuce/bernardinas-rz>
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., y Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de lechuga. N°9. Santiago de Chile. <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Sadava, D., Heller, C., Orians, G., Purves, W., y Hillis, D. (2009). Vida: La Ciencia de la Biología (8.a ed.). Editorial Médica Panamericana. https://books.google.com.pe/books?id=RLw3cKDaMfEC&printsec=frontcover&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Samocha, T., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J., Almeida, R., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., y Brock, D. (2007). Use of molasses as carbon source in limited

discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014486090600094X>

Sanguino, L. (1961). Influencia del pH sobre la fijación de fosforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. *Acta Agronómica*, 11(3–4), 187–209. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48957/50039

Santander, K. (2015). Desarrollo técnico de un hidrolizado líquido de gallinaza como fertilizante foliar [Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria La Molina].

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2019). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria). (2018). Anuario Estadístico de Producción Agrícola.

Suárez, D. (2009). Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena [Tesis Mg. Sc. Ciencias Agrarias con énfasis en suelos, Universidad Nacional de Colombia-Palmira].

Tortora, G., Funke, B., y Case, C. (2007). Introducción a la microbiología (9.a ed.). Editorial Médica Panamericana. https://www.academia.edu/8408931/Introducci%C3%B3n_a_la_Microbiolog%C3%ADa_9a_EDICI%C3%93N

Ugás, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., y Toledo, J. (2000). Datos Básicos de Hortalizas. Programa de Hortalizas, Universidad nacional Agraria La molina, Lima. 202 p. 2000 ISBN 9972-93-12-0-X Recuperado de: <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Datosbasicos.html>

Valencia, A. (1995). Cultivo de Hortalizas de Hojas: Col y Lechuga. Manual N° 3 – 95. 52 p. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima, Perú. Recuperado de: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/985/1/Valencia-Cultivo_hortalizas_hojas_col_y_lechuga.pdf

Varnero, M., Rojas, C., y Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(1), 28–37.

<https://doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v7n1/art03.pdf>

- Warnars, L., y Oppenoorth, H. (2014). El biol: el fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. ISBN/EAN 978-90-70435-10-3. https://docplayer.es/storage/67/56559264/1637285380/p0kVo_0VxFbc8L0y35UY9g/56559264.pdf
- Yucra, C. (2019). La carbonatita en el rendimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa*) cv. Patagonia [Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Zaldívar, R. (2005). Efecto de diferentes fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en La Molina [Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Zimdahl, R. (2007). Fundamentals of Weed Science (3.a ed.). Elsevier. <https://epdf.pub/fundamentals-of-weed-science-third-edition.html>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos diarios del periodo Mayo-Julio 2019

Año/mes/día	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/hora)	Humedad (%)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
01/05/2019	20.75	0.00	75.17	251.75	3.03
02/05/2019	19.72	0.00	77.88	286.04	3.03
03/05/2019	18.96	0.00	77.13	282.33	3.08
04/05/2019	20.43	0.00	72.63	241.79	2.84
05/05/2019	21.95	0.00	72.42	243.25	2.99
06/05/2019	21.13	0.03	76.50	269.96	3.18
07/05/2019	18.35	0.00	83.71	259.17	2.77
08/05/2019	19.73	0.00	77.54	252.21	2.64
09/05/2019	20.03	0.00	76.63	268.79	3.06
10/05/2019	18.98	0.00	81.75	258.00	2.87
11/05/2019	19.45	0.00	80.25	263.25	2.07
12/05/2019	19.05	0.00	79.83	276.83	3.02
13/05/2019	21.43	0.00	72.42	251.75	3.08
14/05/2019	20.17	0.00	77.88	284.96	2.91
15/05/2019	17.85	0.00	85.63	276.08	2.93
16/05/2019	17.15	0.00	87.58	253.63	2.40
17/05/2019	17.41	0.01	82.42	261.21	2.75
18/05/2019	17.48	0.00	81.38	244.00	2.39
19/05/2019	18.70	0.00	77.04	270.58	2.75
20/05/2019	19.54	0.00	75.08	261.33	2.95
21/05/2019	18.10	0.01	80.88	262.92	2.50
22/05/2019	18.10	0.00	83.25	263.83	2.80
23/05/2019	17.17	0.00	87.13	258.33	2.56
24/05/2019	16.43	0.06	92.63	250.46	2.34
25/05/2019	17.23	0.01	86.42	251.33	2.01
26/05/2019	17.38	0.03	87.71	262.67	2.36
27/05/2019	18.00	0.00	79.50	219.50	3.62
28/05/2019	16.20	0.00	84.25	251.21	2.33
29/05/2019	16.83	0.00	80.38	235.21	2.23
30/05/2019	17.21	0.00	81.25	218.33	2.61
31/05/2019	16.65	0.05	88.88	249.63	2.26
01/06/2019	16.81	0.00	86.08	228.67	2.42
02/06/2019	17.79	0.00	81.75	237.29	2.78
03/06/2019	16.86	0.00	85.04	257.04	2.84
04/06/2019	15.74	0.01	88.42	257.83	2.53

Año/mes/día	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/hora)	Humedad (%)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
05/06/2019	15.90	0.01	86.08	236.54	2.48
06/06/2019	16.30	0.01	85.25	204.00	2.31
07/06/2019	16.15	0.00	86.54	246.79	2.43
08/06/2019	16.95	0.00	84.00	250.75	2.83
09/06/2019	16.67	0.00	85.96	216.00	2.38
10/06/2019	16.60	0.01	87.75	278.08	3.17
11/06/2019	16.71	0.00	85.33	250.13	3.40
12/06/2019	15.94	0.01	85.42	243.08	2.79
13/06/2019	16.88	0.00	79.58	227.63	3.15
14/06/2019	16.60	0.00	82.04	237.92	2.69
15/06/2019	16.21	0.00	85.96	236.54	2.33
16/06/2019	16.33	0.00	85.88	257.33	2.46
17/06/2019	15.70	0.01	89.46	264.92	2.40
18/06/2019	15.20	0.03	91.96	263.17	2.61
19/06/2019	15.05	0.03	93.08	247.75	2.16
20/06/2019	15.22	0.02	92.83	236.42	2.34
21/06/2019	15.49	0.01	86.67	211.13	2.48
22/06/2019	15.10	0.01	89.54	247.04	2.35
23/06/2019	15.88	0.02	82.71	265.17	2.40
24/06/2019	16.36	0.00	79.21	244.83	2.96
25/06/2019	15.17	0.00	84.50	230.33	2.65
26/06/2019	15.95	0.01	82.21	249.75	2.35
27/06/2019	16.17	0.00	81.38	215.33	2.53
28/06/2019	16.81	0.00	80.71	230.92	3.05
29/06/2019	16.31	0.00	85.58	271.17	2.63
30/06/2019	15.96	0.04	90.88	266.38	2.03
01/07/2019	16.28	0.00	88.92	251.04	2.20
02/07/2019	16.05	0.00	84.67	216.67	2.65
03/07/2019	15.22	0.01	87.50	246.33	2.23
04/07/2019	15.15	0.01	85.92	245.13	2.33
05/07/2019	15.78	0.00	85.42	238.58	2.23
06/07/2019	15.98	0.00	85.79	192.46	2.64
07/07/2019	16.53	0.00	82.71	251.88	2.55
08/07/2019	16.64	0.01	82.92	240.88	3.09
09/07/2019	15.79	0.00	83.67	260.29	3.05
10/07/2019	15.70	0.01	84.75	261.71	2.60
11/07/2019	16.59	0.00	81.21	194.08	2.94
12/07/2019	15.58	0.00	85.88	209.88	2.79
13/07/2019	15.08	0.01	85.08	262.25	2.75
14/07/2019	14.85	0.01	85.96	247.17	2.38
15/07/2019	14.96	0.01	87.08	275.04	1.95
16/07/2019	15.32	0.00	88.17	263.58	2.02
17/07/2019	16.35	0.00	82.83	259.17	2.84
18/07/2019	15.01	0.00	85.71	267.25	3.25

Año/mes/día	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/hora)	Humedad (%)	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
19/07/2019	14.55	0.03	88.63	252.92	2.31
20/07/2019	15.46	0.00	83.21	217.29	2.43
21/07/2019	15.47	0.00	85.46	254.79	2.30
22/07/2019	15.10	0.00	87.75	270.75	2.53
23/07/2019	15.16	0.01	86.83	236.83	2.43
24/07/2019	15.30	0.01	84.04	216.71	2.66
25/07/2019	15.34	0.00	83.04	256.75	2.65
26/07/2019	14.95	0.01	84.79	263.58	2.82
27/07/2019	14.34	0.03	86.13	271.46	2.83
28/07/2019	14.42	0.00	85.58	272.42	3.00
29/07/2019	13.19	0.03	88.88	262.17	2.75
30/07/2019	13.92	0.03	84.71	256.75	2.51
31/07/2019	14.34	0.00	82.54	272.25	2.59

Anexo 2: Proporción de maleza, B-Lac y melaza empleada por tratamiento, expresado en peso y volumen

	Proporción				mL				g			
	Maleza	Melaza	B-Lac	Total	Maleza	Melaza	B-Lac	Total	Maleza	Melaza	B-Lac	Total
T1	100%	0%	0%	100%	500	0	0	500	420	0.00	0	420.0
T2	95%	5%	0%	100%	475	25	0	500	399	35.05	0	434.1
T3	90%	10%	0%	100%	450	50	0	500	378	70.10	0	448.1
T4	85%	15%	0%	100%	425	75	0	500	357	105.15	0	462.2
T5	80%	20%	0%	100%	400	100	0	500	336	140.20	0	476.2
T6	95%	0%	5%	100%	475	0	25	500	399	0.00	25	424.0
T7	90%	5%	5%	100%	450	25	25	500	378	35.05	25	438.1
T8	85%	10%	5%	100%	425	50	25	500	357	70.10	25	452.1
T9	80%	15%	5%	100%	400	75	25	500	336	105.15	25	466.2
T10	75%	20%	5%	100%	375	100	25	500	315	140.20	25	480.2
T11	90%	0%	10%	100%	450	0	50	500	378	0.00	50	428.0
T12	85%	5%	10%	100%	425	25	50	500	357	35.05	50	442.1
T13	80%	10%	10%	100%	400	50	50	500	336	70.10	50	456.1
T14	75%	15%	10%	100%	375	75	50	500	315	105.15	50	470.2
T15	70%	20%	10%	100%	350	100	50	500	294	140.20	50	484.2
T16	85%	0%	15%	100%	425	0	75	500	357	0.00	75	432.0
T17	80%	5%	15%	100%	400	25	75	500	336	35.05	75	446.1
T18	75%	10%	15%	100%	375	50	75	500	315	70.10	75	460.1
T19	70%	15%	15%	100%	350	75	75	500	294	105.15	75	474.2
T20	65%	20%	15%	100%	325	100	75	500	273	140.20	75	488.2
					8250	1000	750	10000	6930	1402.0	750	9082

Anexo 3: Croquis del campo experimental

Bloque 4	404 T4	405 T5	402 T2	403 T3	401 T1
Bloque 3	305 T5	301 T1	304 T4	302 T2	303 T3
Bloque 2	202 T2	203 T3	205 T5	201 T1	204 T4
Bloque 1	101 T1	102 T2	103 T3	104 T4	105 T5

Anexo 4: Evaluación diaria de pH de las mezclas por repetición

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	pH					
					Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1	R1	100%	0%	0%	5.98	5.33	5.06	5.15	5.28	5.69
T1	R2	100%	0%	0%	5.90	5.50	5.06	5.10	5.31	5.60
T1	R3	100%	0%	0%	5.89	5.39	5.01	5.07	5.49	5.67
T2	R1	95%	5%	0%	5.61	5.24	4.04	4.12	3.86	3.99
T2	R2	95%	5%	0%	5.70	5.37	4.03	4.10	4.00	3.93
T2	R3	95%	5%	0%	5.62	5.20	4.12	4.11	4.06	4.07
T3	R1	90%	10%	0%	5.50	5.33	4.15	4.11	4.03	4.07
T3	R2	90%	10%	0%	5.49	5.41	4.20	4.17	4.12	4.04
T3	R3	90%	10%	0%	5.50	5.34	4.17	4.16	4.12	4.06
T4	R1	85%	15%	0%	5.28	5.24	4.48	4.22	4.11	3.79
T4	R2	85%	15%	0%	5.29	5.31	4.44	4.21	4.04	4.03
T4	R3	85%	15%	0%	5.26	5.22	4.48	4.23	4.07	4.06
T5	R1	80%	20%	0%	5.22	5.20	4.80	4.25	4.08	4.06
T5	R2	80%	20%	0%	5.20	5.14	5.17	4.24	4.06	4.04
T5	R3	80%	20%	0%	5.20	5.13	5.12	4.27	4.12	4.06
T6	R1	95%	0%	5%	5.62	4.41	4.87	4.90	4.91	5.08
T6	R2	95%	0%	5%	5.65	4.48	4.75	5.08	5.07	5.18
T6	R3	95%	0%	5%	5.57	4.54	4.69	5.19	4.95	4.99
T7	R1	90%	5%	5%	5.34	4.29	3.73	3.77	3.55	3.78
T7	R2	90%	5%	5%	5.23	4.36	3.74	3.74	3.77	3.77
T7	R3	90%	5%	5%	5.17	4.29	3.71	3.74	3.79	3.77
T8	R1	85%	10%	5%	5.12	4.69	3.81	3.76	3.80	3.80
T8	R2	85%	10%	5%	5.10	4.57	3.81	3.78	3.84	3.81
T8	R3	85%	10%	5%	5.08	4.65	3.84	3.80	3.84	3.78
T9	R1	80%	15%	5%	5.05	4.78	3.93	3.88	3.91	3.72
T9	R2	80%	15%	5%	5.01	4.75	3.93	3.89	3.89	3.87
T9	R3	80%	15%	5%	5.07	4.77	3.93	3.91	3.85	3.86
T10	R1	75%	20%	5%	5.00	4.82	4.05	3.97	3.94	3.94
T10	R2	75%	20%	5%	5.04	4.88	4.03	3.96	3.88	3.88
T10	R3	75%	20%	5%	5.03	4.86	3.97	3.94	3.93	3.63
T11	R1	90%	0%	10%	4.93	4.11	4.25	4.32	4.30	4.05

Continuación...

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	pH					
					Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T11	R2	90%	0%	10%	5.07	4.20	4.34	4.46	4.48	4.37
T11	R3	90%	0%	10%	4.90	4.21	4.28	4.45	4.42	4.43
T12	R1	85%	5%	10%	4.92	4.31	3.77	3.76	3.79	3.75
T12	R2	85%	5%	10%	4.95	4.31	3.73	3.74	3.70	3.40
T12	R3	85%	5%	10%	4.93	4.32	3.76	3.75	3.50	3.52
T13	R1	80%	10%	10%	4.92	4.50	3.88	3.82	3.70	3.77
T13	R2	80%	10%	10%	4.90	4.50	3.83	3.79	3.85	3.73
T13	R3	80%	10%	10%	4.92	4.52	3.84	3.81	3.64	3.80
T14	R1	75%	15%	10%	4.89	4.70	3.97	3.89	3.76	3.75
T14	R2	75%	15%	10%	4.97	4.73	3.98	3.92	3.90	3.88
T14	R3	75%	15%	10%	4.91	4.70	3.94	3.90	3.88	3.77
T15	R1	70%	20%	10%	4.91	4.73	4.15	3.96	3.80	3.78
T15	R2	70%	20%	10%	4.88	4.70	4.13	3.96	3.92	3.74
T15	R3	70%	20%	10%	4.88	4.72	4.06	4.00	3.85	3.72
T16	R1	85%	0%	15%	4.62	4.27	4.11	4.22	4.25	4.27
T16	R2	85%	0%	15%	4.70	4.24	4.11	4.24	4.34	4.30
T16	R3	85%	0%	15%	4.71	4.28	4.10	4.26	4.31	4.21
T17	R1	80%	5%	15%	4.75	4.45	3.79	3.79	3.78	3.82
T17	R2	80%	5%	15%	4.77	4.38	3.76	3.79	3.78	3.74
T17	R3	80%	5%	15%	4.77	4.41	3.91	3.76	3.72	3.79
T18	R1	75%	10%	15%	4.81	4.55	3.90	3.84	3.79	3.82
T18	R2	75%	10%	15%	4.77	4.55	3.89	3.84	3.83	3.45
T18	R3	75%	10%	15%	4.77	4.53	3.92	3.84	3.84	3.79
T19	R1	70%	15%	15%	4.79	4.57	3.97	3.94	3.82	3.84
T19	R2	70%	15%	15%	4.80	4.56	3.99	3.93	3.94	3.88
T19	R3	70%	15%	15%	4.79	4.60	3.98	3.89	4.00	3.89
T20	R1	65%	20%	15%	4.49	4.29	3.87	3.90	3.89	3.95
T20	R2	65%	20%	15%	4.61	4.36	3.80	3.88	3.90	3.85
T20	R3	65%	20%	15%	4.63	4.26	3.83	3.92	3.90	3.75

Anexo 5: Análisis de la varianza para el pH en el quinto día

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.23	19	0.75	71.37	<0.0001
Tratamiento	14.23	19	0.75	71.37	<0.0001
Error	0.42	40	0.01		
Total	14.65	59			

Anexo 6: Evaluación diaria del porcentaje de acidez titulable de las mezclas por repetición

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	% Acidez titulable					
					Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T1	R1	100%	0%	0%	0.34	0.09	0.20	0.38	0.36	0.23
T1	R2	100%	0%	0%	0.23	0.14	0.20	0.23	0.25	0.23
T1	R3	100%	0%	0%	0.23	0.18	0.20	0.18	0.27	0.25
T2	R1	95%	5%	0%	0.25	0.45	0.68	1.04	1.22	1.26
T2	R2	95%	5%	0%	0.25	0.32	0.92	1.06	1.33	1.33
T2	R3	95%	5%	0%	0.27	0.27	0.79	1.08	1.37	1.49
T3	R1	90%	10%	0%	0.43	0.68	0.92	1.22	1.49	1.67
T3	R2	90%	10%	0%	0.25	0.27	0.81	1.35	1.62	1.58
T3	R3	90%	10%	0%	0.45	0.34	0.70	1.44	1.67	1.80
T4	R1	85%	15%	0%	0.50	0.49	0.72	1.46	1.71	2.03
T4	R2	85%	15%	0%	0.45	0.41	0.72	1.42	1.87	1.94
T4	R3	85%	15%	0%	0.65	0.40	0.61	1.44	1.85	2.16
T5	R1	80%	20%	0%	0.68	0.54	0.77	1.31	2.12	2.16
T5	R2	80%	20%	0%	0.72	0.63	0.61	1.37	1.89	2.18
T5	R3	80%	20%	0%	0.59	0.59	0.77	1.46	1.94	2.23
T6	R1	95%	0%	5%	0.20	0.38	0.27	0.32	0.32	0.34
T6	R2	95%	0%	5%	0.16	0.41	0.38	0.29	0.40	0.34
T6	R3	95%	0%	5%	0.20	0.38	0.27	0.40	0.36	0.27
T7	R1	90%	5%	5%	0.32	0.56	1.26	1.91	0.88	1.42
T7	R2	90%	5%	5%	0.32	0.63	1.31	1.94	2.18	1.69
T7	R3	90%	5%	5%	0.43	0.61	1.31	1.62	1.96	1.73
T8	R1	85%	10%	5%	0.49	0.56	1.58	2.16	2.41	2.77
T8	R2	85%	10%	5%	0.47	0.54	1.62	1.91	2.25	2.34
T8	R3	85%	10%	5%	0.43	0.52	1.40	2.09	2.39	2.66
T9	R1	80%	15%	5%	0.59	0.63	1.71	2.12	2.59	2.57
T9	R2	80%	15%	5%	0.68	0.72	1.87	2.41	2.50	2.79
T9	R3	80%	15%	5%	0.63	0.54	1.51	2.18	2.34	2.52
T10	R1	75%	20%	5%	0.88	0.68	1.60	2.39	3.02	2.75
T10	R2	75%	20%	5%	0.74	0.74	1.67	2.30	2.18	2.57
T10	R3	75%	20%	5%	0.70	0.65	1.87	2.34	2.93	2.57
T11	R1	90%	0%	10%	0.41	0.41	0.52	0.68	0.68	0.52
T11	R2	90%	0%	10%	0.27	0.45	0.38	0.68	0.50	0.56
T11	R3	90%	0%	10%	0.34	0.50	0.38	0.52	0.54	0.47
T12	R1	85%	5%	10%	0.45	0.63	1.44	2.41	1.82	1.82
T12	R2	85%	5%	10%	0.45	0.63	1.71	1.85	1.80	1.85
T12	R3	85%	5%	10%	0.47	0.65	1.60	2.03	1.98	1.80
T13	R1	80%	10%	10%	0.63	0.70	1.87	2.25	2.54	2.61
T13	R2	80%	10%	10%	0.63	0.70	1.67	2.23	2.52	2.52
T13	R3	80%	10%	10%	0.23	0.54	1.89	2.34	2.43	2.63
T14	R1	75%	15%	10%	0.74	0.65	1.69	2.34	2.52	2.86
T14	R2	75%	15%	10%	0.72	0.59	1.60	2.12	2.88	2.84
T14	R3	75%	15%	10%	0.74	0.63	1.89	2.43	2.54	2.79

Continuación...

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	% Acidez titulable					
					Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
T15	R1	70%	20%	10%	0.90	0.68	1.28	2.39	2.75	2.81
T15	R2	70%	20%	10%	0.74	0.65	1.73	2.16	2.66	2.99
T15	R3	70%	20%	10%	0.95	0.74	1.94	2.36	2.70	2.95
T16	R1	85%	0%	15%	0.41	0.47	0.72	0.94	0.77	0.68
T16	R2	85%	0%	15%	0.47	0.50	0.63	0.70	0.63	0.63
T16	R3	85%	0%	15%	0.32	0.47	0.65	0.63	0.56	0.61
T17	R1	80%	5%	15%	0.63	0.59	1.62	1.96	1.94	2.36
T17	R2	80%	5%	15%	0.52	0.65	2.03	1.94	2.21	2.14
T17	R3	80%	5%	15%	0.65	0.56	1.98	2.09	2.07	2.03
T18	R1	75%	10%	15%	0.50	0.63	1.85	2.32	2.75	2.61
T18	R2	75%	10%	15%	0.83	0.68	2.18	2.39	3.20	2.70
T18	R3	75%	10%	15%	0.68	0.61	2.00	2.41	1.98	2.93
T19	R1	70%	15%	15%	0.85	0.77	1.94	2.75	2.84	2.99
T19	R2	70%	15%	15%	0.81	0.70	1.78	3.83	2.66	3.02
T19	R3	70%	15%	15%	0.81	0.74	1.80	2.30	2.97	3.02
T20	R1	65%	20%	15%	0.65	0.54	1.04	1.35	1.33	1.31
T20	R2	65%	20%	15%	0.50	0.59	1.53	1.53	1.08	1.53
T20	R3	65%	20%	15%	0.45	0.59	1.19	1.26	1.10	1.26

Anexo 7: Análisis de la varianza para el porcentaje de acidez titulable en el quinto día

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46.57	19	2.45	199.89	<0.0001
Tratamiento	46.57	19	2.45	199.89	<0.0001
Error	0.49	40	0.01		
Total	47.06	59			

Anexo 8: Rendimiento líquido y sólido obtenido de cada mezcla de biofertilizante evaluada, por repetición

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	Líquido		Sólido		% Humedad del biosol
					Peso (g)	Volumen (ml)	Peso húmedo	Peso seco	
T1	R1	100%	0%	0%	291.59	305	77.08	20.45	73.47
T1	R2	100%	0%	0%	302.05	300	88.55	16.18	81.73
T1	R3	100%	0%	0%	306.83	310	74.41	14.26	80.84
T2	R1	95%	5%	0%	302.58	300	97.92	38.89	60.28
T2	R2	95%	5%	0%	287.69	290	109.57	26.78	75.56
T2	R3	95%	5%	0%	306.28	300	101.5	23.02	77.32
T3	R1	90%	10%	0%	306.74	300	95.06	22.76	76.06
T3	R2	90%	10%	0%	312.31	310	99.56	23.69	76.21
T3	R3	90%	10%	0%	315.93	310	94.94	22.54	76.26

Continuación...

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	Líquido		Sólido		% Humedad del biosol
					Peso (g)	Volumen (ml)	Peso húmedo	Peso seco	
T4	R1	85%	15%	0%	315.94	310	88.08	22.41	74.56
T4	R2	85%	15%	0%	312.49	310	88.93	23.5	73.57
T4	R3	85%	15%	0%	316.78	310	88.04	22.47	74.48
T5	R1	80%	20%	0%	299.13	310	107.44	29.35	72.68
T5	R2	80%	20%	0%	104.77	280	104.83	28.29	73.01
T5	R3	80%	20%	0%	309.43	280	102.87	28.54	72.26
T6	R1	95%	0%	5%	304.58	280	86.11	16.63	80.69
T6	R2	95%	0%	5%	292.70	280	99.96	15.76	84.23
T6	R3	95%	0%	5%	301.28	280	91.60	15.96	82.58
T7	R1	90%	5%	5%	312.32	280	91.67	24.04	73.78
T7	R2	90%	5%	5%	311.28	280	97.57	18.70	80.83
T7	R3	90%	5%	5%	318.82	280	93.41	23.16	75.21
T8	R1	85%	10%	5%	326.21	280	86.14	39.74	53.87
T8	R2	85%	10%	5%	315.53	280	94.41	23.59	75.01
T8	R3	85%	10%	5%	335.12	280	75.95	33.11	56.41
T9	R1	80%	15%	5%	342.79	340	65.15	17.27	73.49
T9	R2	80%	15%	5%	350.85	340	74.06	19.96	73.05
T9	R3	80%	15%	5%	341.20	340	74.57	33.36	55.26
T10	R1	75%	20%	5%	357.63	340	79.51	25.01	68.54
T10	R2	75%	20%	5%	347.53	340	82.82	24.29	70.67
T10	R3	75%	20%	5%	348.09	340	82.06	25.4	69.05
T11	R1	90%	0%	10%	314.09	315	87.53	20.79	76.25
T11	R2	90%	0%	10%	305.48	315	97.12	16.02	83.50
T11	R3	90%	0%	10%	303.65	315	101.79	17.42	82.89
T12	R1	85%	5%	10%	332.83	315	79.21	17.49	77.92
T12	R2	85%	5%	10%	311.88	315	92.41	18.00	80.52
T12	R3	85%	5%	10%	326.44	315	84.24	16.91	79.93
T13	R1	80%	10%	10%	337.59	320	75.05	17.63	76.51
T13	R2	80%	10%	10%	337.51	320	79.7	22.76	71.44
T13	R3	80%	10%	10%	340.61	320	81.52	18.81	76.93
T14	R1	75%	15%	10%	351.01	320	81.8	24.95	69.50
T14	R2	75%	15%	10%	85.58	320	349.1	24.19	93.07
T14	R3	75%	15%	10%	353.89	320	76.83	21.23	72.37
T15	R1	70%	20%	10%	353.44	340	97.09	31.52	67.54
T15	R2	70%	20%	10%	372.56	340	84.08	27.82	66.91
T15	R3	70%	20%	10%	359.00	340	89.3	28.97	67.56
T16	R1	85%	0%	15%	320.91	340	83.94	14.44	82.80
T16	R2	85%	0%	15%	316.45	340	86.58	23.61	72.73
T16	R3	85%	0%	15%	329.15	340	75.96	13.74	81.91
T17	R1	80%	5%	15%	327.19	340	88.35	17.94	79.69
T17	R2	80%	5%	15%	327.20	340	79.54	16.83	78.84

Continuación...

T	R	Mezcla	Melaza	B-Lac	Líquido		Sólido		% Humedad del biosol
					Peso (g)	Volumen (ml)	Peso húmedo	Peso seco	
T17	R3	80%	5%	15%	321.54	340	89.82	18.73	79.15
T18	R1	75%	10%	15%	339.67	340	77.99	17.78	77.20
T18	R2	75%	10%	15%	347.17	340	85.13	44.84	47.33
T18	R3	75%	10%	15%	345.45	340	80.59	18.84	76.62
T19	R1	70%	15%	15%	351.5	340	78.49	22.23	71.68
T19	R2	70%	15%	15%	364.51	340	78.91	22.25	71.80
T19	R3	70%	15%	15%	355.24	340	76.2	21.79	71.40
T20	R1	65%	20%	15%	255.48	340	81.7	16.05	80.35
T20	R2	65%	20%	15%	256.69	340	85.43	22.4	73.78
T20	R3	65%	20%	15%	249.05	340	72.29	14.66	79.72

Anexo 9: Cálculo de costos de insumos

Trat.	Melaza (%)*	B-Lac (%)*	Fórmula	Costo de insumos (Soles por kilogramo)**
T1	0	0		0.00
T2	5	0		0.50
T3	10	0		1.00
T4	15	0		1.50
T5	20	0		2.00
T6	0	5		0.05
T7	5	5		0.55
T8	10	5		1.05
T9	15	5		1.55
T10	20	5		2.05
T11	0	10	$Costo = \frac{(\%B - Lac*10) + (\%melaza*1)}{100}$	0.10
T12	5	10		0.60
T13	10	10		1.10
T14	15	10		1.60
T15	20	10		2.10
T16	0	15		0.15
T17	5	15		0.65
T18	10	15		1.15
T19	15	15		1.65
T20	20	15		2.15

Nota: (*) 1 L de B-Lac = 10 soles, 1 kg de melaza = 1 sol. (**) Los costos están expresados por cada kg de mezcla.

Anexo 10: pH y porcentaje de acidez titulable de las repeticiones diarias de la muestra piloto

Día	pH	% Ac. Tit.
0	5.01	0.72
	5.00	0.71
	5.00	0.72
1	5.07	0.72
	5.08	0.74
	5.08	0.59
2	4.18	1.87
	4.25	1.58
	4.18	1.67
3	3.84	2.39
	3.85	2.16
	3.83	2.05
4	3.85	2.32
	3.85	2.48
	3.85	2.41
5	3.75	2.72
	3.75	2.66
	3.75	2.66
10	3.60	3.65
	3.59	3.56
	3.59	3.49
15	3.62	3.70
	3.62	3.74
	3.61	3.71
20	3.62	3.76
	3.66	3.78
	3.65	3.83
25	3.65	3.77
	3.64	3.78
	3.65	3.74
30	3.65	3.84
	3.65	3.82
	3.65	3.88

Anexo 11: Informe del análisis de caracterización composicional del ALA



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : BERENICE CHIHUAN DOMINGUEZ
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 66347
 BOLETA : 2321
 FECHA : 26/12/18

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
1199		3.46	27.20	115.96	86.10	2114.0	164.06	4212.50

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
1199		2488.75	875.00	757.50

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
1199		30.65	0.68	20.25	8.23	2.68

LAB	CLAVES	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
1199		0.93	0.32	0.66

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

Anexo 12: Informe de análisis microbiológico del ALA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1812602 - LMT

SOLICITANTE : BERENICE CHIHUAN DOMINGUEZ

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : BIOL
1812602)

PROCEDENCIA : UNALM
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 1 000 mL. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2018 - 12 - 07
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018 - 12 - 10
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2018 - 12 - 10
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2018 - 12 - 17

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1812602
¹ Recuento de bacterias ácido láctica (UFC/ml)	18 x 10 ⁶
¹ Recuento de levaduras (UFC/ml)	55 x 10 ⁵
¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/ml)	< 3
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/ml)	< 3
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/ml)	< 3

NOTA: El valor < 3 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de diciembre de 2018

DRA. DORIS ZUNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

Anexo 13: Resultados de la evaluación del número de semillas germinadas y PGR

DDS	Dilución					
	100%	10%	1%	0.10%	0.01%	0%
0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
2	0	0	18	14	20	15
	0	0	13	13	16	17
	0	0	16	15	16	15
3	0	0	19	14	20	15
	0	0	16	16	17	17
	0	0	17	15	16	18
4	0	1	19	14	20	16
	0	1	18	17	20	18
	0	0	17	18	18	18
5	0	2	19	15	20	18
	0	2	18	18	20	18
	0	0	18	19	18	20
PGR	0.00	7.14	98.21	92.86	103.57	-

Anexo 14: Resultados de la evaluación de crecimiento de radícula, hipocotilo y CRR

1. Longitud de la radícula (cm)

Diluc.	10%			1%			0.10%			0.01%			0%		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.50	0.55	0.35	1.50	1.30	1.70	3.30	3.70	4.40	2.70	2.90	5.40	2.60	0.50	3.35
2	0.00	0.00	0.00	1.15	1.00	0.90	2.50	4.00	3.20	3.10	3.30	2.70	3.00	2.30	3.00
3	0.40	0.45	NG	1.10	1.70	2.40	3.00	2.10	2.90	3.05	3.80	3.30	4.50	2.60	4.50
4	NG	NG	NG	2.00	2.25	2.45	3.10	3.10	2.80	2.70	3.30	5.20	3.00	3.00	2.50
5	NG	NG	NG	1.40	0.20	2.10	3.60	4.30	2.10	3.50	2.30	4.50	4.60	2.40	2.50
6	NG	NG	NG	1.20	1.00	1.75	3.40	2.80	3.00	2.80	2.80	2.20	2.10	2.00	2.80
7	NG	NG	NG	1.30	1.60	1.70	2.60	1.50	2.60	2.30	4.20	3.90	1.75	2.80	4.50
8	NG	NG	NG	1.00	0.95	2.50	3.70	2.60	2.80	3.00	2.80	2.60	2.80	2.00	3.30
9	NG	NG	NG	1.60	2.10	1.80	2.10	1.80	3.10	2.00	3.10	4.30	4.95	2.50	2.10
10	NG	NG	NG	1.00	1.40	1.70	2.50	1.10	2.80	3.30	4.50	3.50	1.90	2.00	1.50
11	NG	NG	NG	1.50	0.40	1.80	2.40	3.20	4.70	3.70	3.70	4.50	2.80	3.00	1.30
12	NG	NG	NG	1.90	0.40	1.10	2.50	4.20	2.60	2.30	3.20	4.30	2.60	2.10	1.30
13	NG	NG	NG	1.80	0.30	1.80	2.60	0.90	3.70	1.70	1.50	3.00	0.10	3.00	3.70

Continuación...

Diluc.	10%			1%			0.10%			0.01%			0%		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
14	NG	NG	NG	1.20	0.00	1.55	3.80	1.70	1.50	2.40	1.10	1.50	0.40	3.75	1.00
15	NG	NG	NG	1.10	0.90	0.80	0.60	1.00	0.40	4.00	0.40	1.80	0.60	0.80	1.50
16	NG	NG	NG	1.40	2.40	1.50	NG	0.30	1.20	1.70	0.15	1.30	1.20	1.10	1.10
17	NG	NG	NG	1.10	1.80	0.00	NG	0.10	1.00	1.40	0.70	0.40	0.60	0.10	2.00
18	NG	NG	NG	1.00	0.30	0.00	NG	0.10	0.10	1.00	1.00	0.20	0.40	2.50	3.00
19	NG	NG	NG	0.70	0.40	NG	NG	NG	0.30	1.50	0.70	NG	NG	NG	0.50
20	NG	NG	NG	0.20	NG	NG	NG	NG	NG	0.65	0.10	NG	NG	NG	0.20
Prom.	0.28			1.28			2.41			2.57			2.21		
CRR	12.70			57.92			108.91			115.98			-		

NG: No germinó.

2. Longitud del hipocotilo (cm)

Diluc.	10%			1%			0.10%			0.01%			0%		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	0.40	0.20	0.60	3.40	3.10	4.30	3.60	4.10	4.40	3.10	3.30	4.10	4.10	1.70	3.30
2	0.30	0.20	0.10	3.80	3.80	1.20	3.70	3.60	3.60	3.30	3.30	3.50	2.50	3.40	3.90
3	1.90	2.50	NG	3.50	3.60	4.10	3.60	3.00	3.50	2.20	3.50	3.40	4.50	3.70	4.00
4	NG	NG	NG	3.50	3.40	3.90	3.60	3.60	3.80	3.00	3.20	4.00	2.90	3.60	3.20
5	NG	NG	NG	3.20	2.10	3.50	3.70	2.90	2.70	3.70	3.20	3.50	3.80	3.50	3.60
6	NG	NG	NG	3.80	3.50	2.80	3.70	3.80	3.60	2.50	3.20	3.40	2.80	3.70	3.65
7	NG	NG	NG	3.60	4.05	4.00	3.80	2.20	3.60	2.50	3.40	3.30	2.20	3.10	4.40
8	NG	NG	NG	1.50	2.40	3.80	3.60	3.00	3.00	2.80	3.60	2.80	3.20	3.30	3.70
9	NG	NG	NG	3.80	3.50	3.50	3.10	2.70	3.50	3.70	3.30	3.80	3.60	3.80	2.70
10	NG	NG	NG	2.90	2.30	3.70	2.00	2.60	2.60	2.90	3.40	3.70	1.80	3.20	2.90
11	NG	NG	NG	4.00	0.60	2.00	2.70	3.00	3.40	3.10	3.30	4.40	3.40	4.00	2.20
12	NG	NG	NG	3.20	0.00	2.50	2.50	3.70	2.10	3.00	3.70	3.00	3.60	2.20	2.20
13	NG	NG	NG	3.70	0.00	3.70	3.40	1.50	3.90	2.30	2.00	3.40	1.10	3.70	2.70
14	NG	NG	NG	2.50	0.00	2.30	3.40	2.20	1.30	3.20	1.60	2.70	0.00	3.40	2.40
15	NG	NG	NG	2.20	1.20	1.10	0.50	0.80	2.00	2.70	1.70	2.10	0.50	1.80	1.70
16	NG	NG	NG	2.00	1.40	1.40	NG	0.50	1.70	2.80	1.20	1.10	0.10	1.10	2.40
17	NG	NG	NG	2.70	2.50	0.50	NG	0.10	1.00	1.90	1.50	0.60	0.50	0.10	2.15
18	NG	NG	NG	2.10	1.20	0.45	NG	0.00	0.70	1.40	1.30	0.50	0.00	3.60	0.80
19	NG	NG	NG	0.90	2.00	NG	NG	NG	0.40	1.40	0.40	NG	NG	NG	0.10
20	NG	NG	NG	0.00	NG	NG	NG	NG	NG	0.30	0.50	NG	NG	NG	0.00
Prom.	0.78			2.56			2.71			2.68			2.60		

NG: No germinó

Anexo 15: Análisis de la varianza para el rendimiento total de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	273082002	7	39011715	1.37	0.2995
Tratamiento	51745441	4	12936360	0.46	0.7666
Bloque	221336561	3	73778854	2.6	0.1005
Error	340528720	12	28377393		
Total	613610722	19			

Anexo 16: Análisis de la varianza para el rendimiento total de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1621486.5	7	231640.93	0.4	0.8863
Tratamiento	471155.4	4	117788.85	0.2	0.9324
Bloque	1150331.1	3	383443.7	0.66	0.5936
Error	6996160.04	12	583013.34		
Total	8617646.54	19			

Anexo 17: Análisis de la varianza para el rendimiento comercial de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	210246148.5	7	30035164.1	1.01	0.4711
Tratamiento	38388107.38	4	9597026.85	0.32	0.8577
Bloque	171858041.1	3	57286013.7	1.92	0.1796
Error	357292419.1	12	29774368.3		
Total	567538567.7	19			

Anexo 18: Análisis de la varianza para el rendimiento comercial de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2822931.56	7	403275.94	0.48	0.8342
Tratamiento	244991.82	4	61247.96	0.07	0.9892
Bloque	2577939.74	3	859313.25	1.01	0.4202
Error	10162194.92	12	846849.58		
Total	12985126.48	19			

Anexo 19: Análisis de la varianza para el rendimiento no comercial de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7548613.1	7	1078373.3	0.75	0.6388
Tratamiento	3366678.7	4	841669.67	0.58	0.6806
Bloque	4181934.4	3	1393978.1	0.97	0.4404
Error	17311098	12	1442591.5		
Total	24859711	19			

Anexo 20: Análisis de la varianza para el rendimiento no comercial de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (docenas/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1310640.44	7	187234.35	0.75	0.6388
Tratamiento	584507.87	4	146126.97	0.58	0.6806
Bloque	726132.57	3	242044.19	0.97	0.4403
Error	3005500.17	12	250458.35		
Total	4316140.61	19			

Anexo 21: Análisis de la varianza para la distribución de la cosecha de lechuga (*Lactuca sativa* L.). La Molina 2019

1. 1ra cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1149	7	164.14	0.63	0.721
Tratamiento	833.43	4	208.36	0.8	0.5457
Bloque	315.58	3	105.19	0.41	0.7515
Error	3109.8	12	259.15		
Total	4258.8	19			

2. 2da cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2784.3	7	397.76	2.87	0.0523
Tratamiento	827.09	4	206.77	1.49	0.2654
Bloque	1957.3	3	652.42	4.71	0.0214
Error	1662.4	12	138.54		
Total	4446.8	19			

3. 3ra cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1267.8	7	181.11	2.73	0.0609
Tratamiento	343.7	4	85.93	1.29	0.3264
Bloque	924.07	3	308.02	4.64	0.0224
Error	796.59	12	66.38		
Total	2064.4	19			

Anexo 22: Análisis de la varianza para el Peso fresco de la parte aérea de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	7	3.20E-03	1.33	0.3148
Tratamiento	0.02	4	4.20E-03	1.74	0.2055
Bloque	0.01	3	1.90E-03	0.79	0.5213
Error	0.03	12	2.40E-03		
Total	0.05	19			

Anexo 23: Análisis de la varianza para la altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.66	7	0.52	1.45	0.274
Tratamiento	1.91	4	0.48	1.32	0.317
Bloque	1.75	3	0.58	1.61	0.239
Error	4.33	12	0.36		
Total	7.99	19			

Anexo 24: Análisis de la varianza para el diámetro de cabeza de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.11	7	0.44	1.71	0.197
Tratamiento	0.38	4	0.09	0.36	0.83
Bloque	2.73	3	0.91	3.52	0.049
Error	3.11	12	0.26		
Total	6.22	19			

Anexo 25: Análisis de la varianza para el porcentaje de materia seca de la parte aérea en lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.26	7	0.18	4.54	0.0109
Tratamiento	0.9	4	0.22	5.62	0.0087
Bloque	0.37	3	0.12	3.09	0.0679
Error	0.48	12	0.04		
Total	1.74	19			

Anexo 26: Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno en la materia seca de la parte aérea en lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33077.17	7	4725.31	1.18	0.3836
Tratamiento	25708.16	4	6427.04	1.6	0.2377
Bloque	7369	3	2456.33	0.61	0.6205
Error	48218.4	12	4018.2		
Total	81295.57	19			

Anexo 27: Análisis de varianza para el contenido de fósforo en la materia seca de la parte aérea en lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	572.2	7	81.74	1.64	0.2158
Tratamiento	340.37	4	85.09	1.71	0.2132
Bloque	231.83	3	77.28	1.55	0.2528
Error	598.69	12	49.89		
Total	1170.89	19			

Anexo 28: Análisis de varianza para el contenido de potasio en la materia seca de la parte aérea en lechuga (*Lactuca sativa* L.) Bernardina RZ (Kg/ha). La Molina 2019

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	231337.26	7	33048.18	2.61	0.0694
Tratamiento	116897.22	4	29224.3	2.31	0.1178
Bloque	114440.04	3	38146.68	3.01	0.0722
Error	152062.19	12	12671.85		
Total	383399.46	19			