

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

**“EL BIOL COMO INSUMO DE UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA
PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA
(*Lactuca sativa* L., var. Dark Green Boston)”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

JHONATAN LEONARDO TERRONES ROMERO

Asesor

Dr. Ing. WILFREDO POMA ROJAS


CAJAMARCA - PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Jhonatan Leonardo Terrones Romero
DNI: 47515388
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
 2. **Asesor:**
 3. Dr. Wilfredo Poma Rojas
 4. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
 5. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
 6. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "EL BIOL COMO INSUMO DE UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA PAR EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L., var. Drak Green Boston)"
7. **Fecha de evaluación:** 26/03/2026
 8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 12%
 10. **Código Documento:** oid: 3117:568361207
 11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 12%
- APROBADO** **PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO**

Fecha Emisión: 26/03/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Dr. Wilfredo Poma Rojas DNI:26719942

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los cuatro días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 162-2026-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "EL BIOL COMO INSUMO DE UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L., var. Dark Green Boston)", realizada por el Bachiller JHONATAN LEONARDO TERRONES ROMERO para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las once horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

A mi madre Úrsula

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por su persistencia y motivación que me ha permitido ser una persona de bien y sobre todo por su amor.

A mi padre Guillermo

Por los ejemplos de constancia y perseverancia que siempre lo caracterizan, por decirme siempre vamos “si se Puede” y hacerle frente al “no se puede”. Y sobre todo por el apoyo y amor que siempre me brinda.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco al doctor Wilfredo Poma Rojas por haber aceptado ser asesor de la presente investigación y sobre todo por haber contribuido con sus conocimientos y enriquecer dicho proyecto.

Agradezco al doctor Segundo Berardo Escalante Zumaeta, por proporcionarme sus conocimientos, enseñanzas y orientaciones; y sobre todo por incentivar me a realizar dicha investigación.

Al Ing. Manuel Malpica Rodríguez, por estar siempre apoyándome, enseñándome y orientándome constantemente.

A mi Tío Wilmer quien me proporciono su predio para poder realizar con éxito dicha experimentación.

A mis Padres, hermana, familiares, amigos y compañeros quienes directa e indirectamente apoyaron en la realización de este proyecto.

EL AUTOR

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	18
1.1. Problema de investigación	19
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Justificación	21
1.4. Objetivo de la investigación	22
1.4.1. Objetivos específicos	22
1.5. Hipótesis	22
1.5.1. Hipótesis específicas	23
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	24
2.1. ANTECEDENTES	24
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. AGROECOLOGIA	28
2.2.2. PROPUESTAS ORGANICAS	29
2.2.2.1. BIOLES.	30

1. Factores que intervienen en la formación del Biol	31
a. Fermentación anaeróbica	31
b. Biodigestores	31
2. Tiempo de fermentación y momento de aplicación del Biol	31
3. Recetas de Bioles	32
2.2.3. CULTIVO DE LECHUGA	33
2.2.3.1. Generalidades	33
2.2.3.2. Variedades de lechuga	35
a. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Longifolia</i> Lam	35
b. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Inybarcea</i> Hort:	36
c. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Agustana</i> Irish	36
d. <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Capitata</i> Lam	36
a) Variedades tipo cos o romana	36
b) Variedades tipo arrepollada	36
c) Variedades de hoja	36
Tipo Española	36
Tipo milanesa	36
Tipo de hoja pequeña (babyleaf)	36
d) Variedades para hidroponía	37
2.2.3.3. Valor nutritivo	37
2.2.2.4. cosecha	37
a. El precio en el mercado	38
b. El número de hojas	38
c. Edad y altura de planta	38
d. Solides o compactación de la cabeza	38

2.2.4. HIDROPONIA	39
2.2.4.1. Sistemas hidropónicos	40
2.2.4.2. Sistemas hidropónicos en agua	40
a). Recirculantes o NFT	40
b). Raíz flotante o cultivo en agua	40
2.2.4.3. Sistemas hidropónicos con sustratos	41
a). Riego por goteo	41
2.2.4.4. Nutrición hidropónica	41
2.2.4.5. Soluciones nutritivas	42
2.2.4.6. Solución hidropónica la Molina	43
2.2.5. INOCUIDAD ALIMENTARIA	44
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1. Ubicación del experimento	45
3.2. Materiales	46
a). Material experimental	46
b) Herramientas	47
c) Equipos	47
d) Otros	47
3.3. Metodología	47
3.3.1. Diseño experimental	47
3.3.2. Conducción del experimento	49
3.3.2.1. Preparación de soluciones nutritivas madre	49
a. Biofertilizante (Biol)	49
b. Preparación de la solución hidropónica la Molina	50
b.1. Solución concentrada “A”	50

b..2. Solución concentrada "B"	52
c. Solución Hoagland (1950)	53
3.3.2.2. Construcción e instalación del sistema hidropónico	
NFT	53
3.3.2.3. Análisis físico, químico y microbiológico del Biol	55
3.3.2.4. Preparación y tratamiento del sustrato	56
3.3.2.5. Almacigo	57
3.3.2.6. Limpieza y desinfección del sistema hidropónico	
NFT	58
3.3.2.7. Trasplante	60
3.3.2.8. Riego del almacigo	62
3.3.2.9. Riego en el sistema hidropónico NFT	62
3.3.2.10. Otras labores	63
Monitoreo del pH de las soluciones nutritivas	63
Monitoreo de insectos plaga y su prevención	64
3.3.3. Evaluaciones realizadas	64
3.3.3.1. Altura de planta, tamaño de raíz y número de hojas	64
3.3.3.2. Peso fresco	65
3.3.3.3. Área foliar	65
3.3.3.4. Calidad microbiológica de Lechuga	65
3.3.4. Procesamiento y análisis de los datos	66
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
4.1. Características físicas, químicas y microbiológicas del	
biol	67
4.1.1. Características físicas	67
4.1.2. Características químicas	69

4.1.3. Características microbiológicas	70
4.2. Concentración óptima de biol como insumo de solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga	72
4.3. Efectos diferenciales del biol para las variables (altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, peso fresco, materia seca y área foliar), calidad de lechuga en comparación con la solución hidropónica comercializada por la Universidad Nacional Agraria La Molina.	73
4.3.1. Altura de Planta	73
4.3.2. Tamaño de raíz	75
4.3.3. Número de hojas	78
4.3.4. Peso fresco de la parte aprovechable	80
4.3.5. Materia seca de la parte aprovechable (hojas)	82
4.3.6. Área foliar	84
4.3.7. Calidad microbiológica de la lechuga	86
CAPÍTULO V	
5.1. CONCLUSIONES	88
5.2. RECOMENDACIONES	89
CAPÍTULO VI	
LITERATURA CITADA	90
ANEXOS	97
ANEXO 1: ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL BIOL	97

ANEXO 2: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BIOMASA AÉREA DE LECHUGA	101
ANEXO 3: TABLAS DE DATOS	104
ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de lechuga por 100g.....	37
Tabla 2. Tipos de consistencia (solides) de cogollo de lechuga.....	38
Tabla 3. Formulaciones de soluciones nutritivas de acuerdo a su descubridor.....	43
Tabla 4. Insumos del biol.....	46
Tabla 5. <i>Tratamientos en estudio de acuerdo al diseño experimental DCA.....</i>	<i>48.</i>
Tabla 6. Solución Hoagland (1950).....	53
Tabla 7. Volúmenes de las muestras de biol (mL.), requeridos para determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	55
Tabla 8. Composición de las soluciones nutritivas de cada tratamiento en estudio.	59
Tabla 9. Características físicas de biol.	67
Tabla 10. Características químicas del biol y la solución Hoagland y Arnón (1938), revisada por Arellano, (2005), ampliamente utilizada en hidroponía.	69
Tabla 11. Características microbiológicas del biol.	71
Tabla 12. Características microbiológicas y parasitológicas de aguas de riego vegetal y agua de animales, determinados por los estándares de calidad ambiental	71
Tabla 13. Concentración de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas (tratamientos) en estudio.	73
Tabla 14. ANOVA para los tratamientos en estudio en la altura promedio de las plantas de lechuga. Datos registrados a los dos meses del trasplante.....	74
Tabla 15. Comparación de medias para la variable Altura de Planta (cm) bajo diferentes tratamientos	74
Tabla 16. ANOVA para la longitud promedio de la raíz mayor bajo cuatro tratamientos. Datos registrados a los dos meses del trasplante.	76
Tabla 17. Comparación de medias para la variable longitud de raíz (cm) bajo diferentes tratamientos	76

Tabla 18. ANOVA para el efecto de los tratamientos en estudio en el número promedio de hojas por planta. Datos registrados a los dos meses del trasplante y transformados con $Y=X$.	79
Tabla 19. Prueba de comparación de medias para la variable número promedio de hojas por planta al 5% de significancia .	79
Tabla 20. ANOVA para variable peso fresco de la parte aprovechable (hojas) de la lechuga frente a los tratamientos en estudio. Datos registrados a los dos meses del trasplante.	81
Tabla 21. Rendimiento de biomasa fresca (hojas en g.) y significación estadística al 5%	81
Tabla 22. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y prueba de F para los tratamientos en estudio. Datos registrados a los dos meses del trasplante y transformados con $Y=X$.	83
Tabla 23. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la materia seca de la parte aérea según los tratamientos evaluados .	83
Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de F para el efecto de los tratamientos en estudio en el área foliar de planta.	84
Tabla 25. Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para el área foliar según los tratamientos evaluados.	85
Tabla 26. Análisis microbiológico de la parte aprovechable de la lechuga.	86
Tabla 27. Límites máximos y mínimos permisibles para frutos y hortalizas de hoja sin ningún tratamiento.	87
Tabla 28. Rendimiento de la altura de planta de lechuga (cm) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.	104
Tabla 29. Rendimiento del tamaño de raíz de la lechuga (cm) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.	104
Tabla 30 Rendimiento en el número de hojas de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=X$)	105

Tabla 31. Rendimiento en el peso fresco (g) de la parte aprovechable de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.....	105
Tabla 32. Rendimiento en el peso fresco de las raíces (g) de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.....	106
Tabla 33. Rendimiento del peso seco de las hojas de lechuga (g) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.....	106
Tabla 34. Rendimiento del peso seco de las raíces de lechuga (g) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.....	107
Tabla 35. Rendimiento de la materia seca (%) de las hojas de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=X$)	107
Tabla 36. Rendimiento de la materia seca (%) de las raíces de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=X$)	108
Tabla 37. Índice de cosecha de cultivo de lechuga a los 2 meses de edad.	108
Tabla 38. Área foliar (cm ²) del cultivo de lechuga a los 2 meses de edad.	109
Tabla 39. Costos de producción de biol.....	109
Tabla 40. Costos de producción de lechuga según tratamientos.	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica donde se desarrollo la investigación	45
Figura 2. Croquis de distribucion de los tratamientos	48
Figura 3. Principales etapas de la preparación del biol: A: Bidón con tapa hermética de 60 litros, acondicionado como un biodigestor; B y C: Mezcla de los ingredientes; D: Inicio del proceso de fermentación; E: Filtrado del biol en un Tul; y, F: Envasado y etiquetado del biol.....	50
Figura 4. Principales etapas de la preparación de la solución madre “A”: A: Sales de la solución madre “A”; B: Proceso de disolución de sales, C: Superfosfato triple en proceso de remojo. D y E: Envasado y etiquetado de la solución madre “A”.	51
Figura 5. Principales etapas de la preparación de la solución madre “B”: A: Sales de la solución madre “B”; B: Proceso de disolución de sales; C: Micronutrientes disueltos; D: Envasado y etiquetado de la solución madre “B”	52
Figura 6. Principales etapas de la instalación del sistema hidropónico NFT: A: Distribución de caballetes dentro del cobertor; B: Instalación del sistema de drenaje y abastecimiento de solución en el sistema NFT; C: Proceso de nivelación de los tubos de PVC 3”, D: Modulo hidropónico NFT.....	54
Figura 7. Principales etapas de la toma de muestras de biol: A y B: Proceso de muestreo según los parámetros requeridos; C: Cooler e iceberg para el traslado y conservación de las muestras.....	56
Figura 8. Principales etapas de la preparación del sustrato: A: Arena de río apropiadamente lavada; B: Desinfección del sustrato con agua hervida.....	57
Figura 9. Principales etapas del proceso de almacigado de lechuga: A: Trazo de surcos con aproximadamente 1cm de profundidad; B: Siembra de lechuga; C y D: Tapers cubiertos con papel periódico y plástico negro; E: Plántulas de lechuga completamente emergidas con una semana de edad; F: Plántulas de lechuga con dos semanas de edad.	58

Figura 10. A y B. Lavado exhaustivo del interior de los tubos con agua jabonosa, C y D. Incorporación de hipoclorito de sodio a los diversos contenedores.....	60
Figura 11. A: Vasos de 3 onzas agujereados por la base (Canastilla hidropónica); B: Cubos de esponja de 3cmx3cmx3cm, con un corte central; C. Extracción de plántulas de lechuga a raíz desnuda; D: Tratamiento del sistema radicular en solución de peróxido de hidrógeno al 1%; E: Plántula de lechuga fijada en la esponja-vaso; y, F. Traslado de las Plántulas al sistema NFT.	61
Figura 12. A: Riego manual con solución Hoangland y Arnon (1950); B: Timer: artefacto que se encarga de hacer funcionar las bombas que suministran las soluciones irrigando las raíces de las plantas por periodos de 45 minutos encendidos vs 45 minutos apagado.	63
Figura 13. Aplicación del método Universal Test Paper para monitorear el valor del pH de las soluciones nutritivas.	64
Figura 14. Color amarillo-verdoso y presencia de nata blanca en la superficie del biol como indicadores de calidad.	68
Figura 15. Comportamiento de la altura de la planta (cm) frente a los tratamientos evaluados	74
Figura 16. Representación gráfica del comportamiento de la longitud de raíz frente a los 4 tratamientos	76
Figura 17. Efecto del tratamiento en la longitud del sistema radicular de las plantas de lechuga. Datos registrados quincenalmente a partir del trasplante.....	78
Figura 18. Numero promedio de hojas alcanzado por cada tratamiento experimental	79
Figura 19. Peso fresco de la biomasa (g) según la aplicación de los tratamientos	81
Figura 20. Porcentaje de materia seca de la parte aérea obtenido en los diferentes tratamientos en estudio.	83
Figura 21. Área foliar promedio, obtenido con los diferentes tratamientos en estudio	85

Figura 22. Cobertor para la producción de lechuga hidropónica.....	111
Figura 23. Proceso de desinfección del ambiente con hipoclorito de sodio al 10%	111
Figura 24. Cama de producción de lechugas con los diversos tratamientos.....	112
Figura 25. Proceso de evaluación realizada (tamaño de raíz, tamaño de planta, N° de hojas).....	112
Figura 26. A. Determinación del peso fresco de la parte aprovechable de la lechuga B. Determinación del peso fresco del sistema radicular de lechuga.....	113
Figura 27. Sistema radicular de las Lechugas con solución hidropónica la Molina en la derecha y con biol en la izquierda. a los 15 días de haber sido trasplantadas....	113
Figura 28. Sistema radicular de las lechugas de acuerdo a los tratamientos; a mayor concentración de biol el color de las raíces son más oscuras.	114

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del biol en concentraciones de 10%, 20% y 40% como insumo de una solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston) en la ciudad de Cajamarca, bajo un cobertor vegetal. El problema identificado es la escasa disponibilidad de fertilizantes sintéticos e inadecuado uso, de alto costo, en sistemas agro-ecológicos complejos y poco conocidos por los agricultores, que limita la adopción de sistemas de producción local. El diseño experimental fue un diseño completamente aleatorizado (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones, cada tratamiento involucro a 14 unidades experimentales. Se determinó las características físico-químicas y microbiológicas del biol, así como también se compararon las variables agronómicas (altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, peso fresco, materia seca y área foliar) frente a la solución nutritiva comercial por la Universidad Nacional Agraria La Molina. El biol fue de color Yellow-Green Group 152A, olor agradable a fermentación de chicha, pH 5.91 moderadamente ácido y conductividad eléctrica de 12210 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con mayor concentración de macro y micronutrientes que la solución comercial. Los resultados estadísticos (ANOVA y Tukey, $p < 0.05$) evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, determinándose que el biol al 40% y la solución La Molina fueron estadísticamente iguales y superiores en altura de planta, peso fresco y área foliar. Se concluye que la concentración óptima de biol fue 40%, demostrando su viabilidad como solución hidropónica para el cultivo de lechuga.

Palabras clave: biol, hidroponía, lechuga, agro-ecológicos, solución nutritiva.

ABSTRACT

The research aimed to determine the efficiency of biofertilizer at concentrations of 10%, 20%, and 40% as an input in a nutrient solution for the hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston) in the city of Cajamarca, under a plant cover. The identified problem is the limited availability and inadequate use of synthetic fertilizers, which are also costly, in complex agro-ecological systems that are not well understood by farmers, thus limiting the adoption of local production systems. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with four treatments and three replicates; each treatment involved 14 experimental units. The physicochemical and microbiological characteristics of the biofertilizer were determined, and agronomic variables (plant height, root size, number of leaves, fresh weight, dry matter, and leaf area) were compared against a commercial nutrient solution by the National Agrarian University La Molina. The biofertilizer solution was Yellow-Green (Group 152A), with a pleasant aroma reminiscent of chicha fermentation, a moderately acidic pH of 5.91, and an electrical conductivity of 12210 $\mu\text{S}/\text{cm}$. It had a higher concentration of macro- and micronutrients than the commercial solution. Statistical results (ANOVA and Tukey's test, $p < 0.05$) showed significant differences between treatments. The 40% biofertilizer solution and the La Molina solution were found to be statistically equivalent and superior in plant height, fresh weight, and leaf area. It was concluded that the optimal biofertilizer concentration was 40%, demonstrating its viability as a hydroponic solution for lettuce cultivation.

Keywords: biofertilizer, hydroponics, lettuce, agro-ecological, nutrient solution

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

A nivel internacional, la agricultura enfrenta el desafío de producir alimentos de manera sostenible frente al crecimiento poblacional, poca fertilidad de los suelos y condiciones climáticas adversas. Sin embargo, la hidroponía es una alternativa tecnológica eficiente, permitiendo optimizar el uso del agua y los nutrientes, por lo tanto, mejorar el rendimiento y la calidad de los vegetales. La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las especies que se adecua mejor a los sistemas hidropónicos por su ciclo corto, alta demanda comercial y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. Paralelamente, existe una tendencia global hacia la disminución del uso de fertilizantes y la incorporación de insumos orgánicos que contribuyan a sistemas de producción más sostenibles.

El Perú ha experimentado un crecimiento sostenido en la producción hortícola, impulsada por la demanda de alimentos frescos y saludables, siendo un reto minimizar el uso de recursos como agua y fertilizantes. La hidroponía es una alternativa viable para la producción intensiva de cultivos hortícolas, que permite un control preciso de la nutrición mineral mediante soluciones nutritivas balanceadas, permitiendo una mayor absorción de nutrientes y desarrollo homogéneo del vegetal. Sin embargo, la formulación convencional de estas soluciones depende principalmente de fertilizantes minerales sintéticos, cuyo costo y potencial impacto ambiental motivan la evaluación de insumos alternativos de origen orgánico bajo criterios de validación experimental.

En la región Cajamarca, la crianza de animales menores (cuyes), es una actividad complementaria a la agricultura, que genera una importante disponibilidad de residuos orgánicos siendo una fuente indispensable para la producción de biofertilizante líquido, este biofertilizante líquido, contiene principios nutritivos (macro y micronutrientes) disponibles para el desarrollo vegetal, además de

compuestos hormonales y comunidades microbianas. Sin embargo, la incorporación de insumos orgánicos como el biol en soluciones nutritivas para hidroponía, requiere una evaluación experimental rigurosa, especialmente en sus características fitoquímicas y microbiológicas, para un óptimo crecimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston), cultivo de alta demanda local.

En ese contexto, la presente investigación adopta un enfoque experimental, desarrollado bajo condiciones de un cobertor vegetal en la ciudad de Cajamarca, con el propósito de validar el comportamiento de distintas disoluciones de biol (10 %, 20% y 40%) como insumo de una solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston). El estudio comprende determinar la caracterización físico-química y microbiológica del biol, evaluación de variables de crecimiento, rendimiento y calidad del producto, comparando su comportamiento con una solución nutritiva comercializada por la Universidad Nacional Agraria la Molina, de esta manera, se busca generar evidencia científica que permita determinar la viabilidad técnica del biol como alternativa parcial o complementaria en sistemas hidropónicos.

1.1. Problema de investigación

Hoy en día, el uso inadecuado y excesivo de fertilizantes químicos constituye una de las principales fuentes del deterioro de los recursos naturales, afectando al suelo, agua y aire. A nivel global, la actividad agropecuaria representa una fuente significativa de contaminación hídrica por nitratos y fosfatos, además de contribuir al calentamiento global por la emisión de gases de efecto invernadero como metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), considerados entre los principales responsables del cambio climático. Por lo que surge la necesidad de planear nuevas estrategias tecnológicas orientadas a reducir los impactos ambientales derivados del manejo irracional de insumos sintéticos.

En este contexto, la hidroponía surge como una alternativa productiva que permite un uso más óptimo del agua y los nutrientes, al no tener suelo como medio de cultivo y posibilitar un control preciso de la nutrición mineral. Este sistema ofrece ventajas en escenarios donde los suelos presentan degradación, contaminación o limitaciones físicas, contribuyendo a fortalecer la seguridad alimentaria en ambientes vulnerables. No obstante, pese a sus beneficios técnicos, una proporción considerable de agricultores percibe la hidroponía como una tecnología compleja, de alto costo y dependiente de fertilizantes minerales comerciales, lo que limita su adopción en sistemas productivos locales.

En regiones como Cajamarca, donde la crianza de animales menores especialmente cuyes genera gran disponibilidad de residuos orgánicos, el biol producido mediante fermentación anaeróbica representa una alternativa potencial como insumo nutritivo. Su utilización podría reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y disminuir los costos de producción. Sin embargo, el empleo del biol ya sea en sistemas tradicionales o sistemas hidropónicos requiere una evaluación rigurosa de su composición nutricional y calidad microbiológica, ya que no solo se busca incrementar el rendimiento del cultivo, sino también garantizar la calidad del producto final.

En el caso específico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston), especie altamente sensible a variaciones en la nutrición mineral, resulta necesario determinar experimentalmente si el biol puede sustituir parcial o complementariamente a una solución nutritiva comercial sin afectar el crecimiento, rendimiento y calidad del producto.

En este sentido, surge la siguiente interrogante de investigación:

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficacia del biol como insumo de una solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa L. var Dark Green Boston*) bajo condiciones de un cobertizo vegetal en la ciudad de Cajamarca?

1.3. Justificación

El uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura ha generado impactos negativos sobre los recursos naturales, contribuyendo a la contaminación del agua por nitratos y fosfatos, a la degradación del suelo y a al calentamiento global. Frente a esta problemática, resulta necesario evaluar alternativas tecnológicas que promuevan una producción orgánica y de manera sostenible.

El uso del biol en cultivos en suelo ha sido ampliamente difundido; sin embargo, existe limitada evidencia experimental sobre su comportamiento en sistemas hidropónicos, particularmente en condiciones altoandinas como las de Cajamarca.

En la región Cajamarca, la crianza de cuyes constituye una actividad complementaria que genera residuos orgánicos con potencial de transformación en biol. La validación de este insumo como alternativa parcial en hidroponía podría: bajar los costos de producción, promover el uso de recursos disponibles, incrementar la rentabilidad de pequeños productores y fomentar tecnologías innovadoras para la producción hortícola de manera adecuada garantizando la seguridad alimentaria.

Es por ello que esta investigación se justifica de manera integral: De forma ambiental, el biol utilizado para hidroponía reduciría la dependencia de fertilizantes sintéticos y se aprovecharía de manera eficiente los residuos generados por la actividad agropecuaria en la región Cajamarca, favoreciendo prácticas de economía circular y disminuyendo la presión sobre los recursos naturales. También genera conocimiento científico y técnico, proporcionando información sobre las

características físicas, químicas y microbiológicas del biol, también los efectos diferenciales al ser comparado con la solución nutritiva comercializada por la Universidad Agraria la Molina en diferentes concentraciones (10%,20% y 40%) para las variables de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Dark Green Boston). Así mismo en el ámbito social y económico del distrito de Cajamarca, contribuirá al aprovechamiento de los restos orgánicos provenientes de la actividad pecuaria, fomenta la implementación de sistemas de producción sostenible, reduce costos de producción y fortalece la seguridad alimentaria, al obtener un producto seguro para el consumidor.

1.4. Objetivo de la investigación

Determinar la eficiencia del biol, en diferentes concentraciones (10%, 20% y 40%) como insumo de una solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa* L. var *Dark Green Boston*) en la ciudad de Cajamarca.

1.4.1. Objetivos específicos

- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas del biol.
- Evaluar los efectos de las concentraciones de biol (10% ,20% y 40%) en las variables de crecimiento de lechuga (altura de planta, tamaño de raíz, peso fresco y área foliar).
- Determinar los efectos diferenciales del biol en la calidad y rendimiento de lechuga en comparación con la solución nutritiva comercializada por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

1.5. Hipótesis

El uso de biol en diferentes concentraciones (10 %, 20 % y 40 %) como insumo de una solución nutritiva influye significativamente en la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L. var. Dark Green Boston) en la ciudad de Cajamarca.

1.5.1. Hipótesis específicas

- El biol evaluado cumple con condiciones físico-químicas y microbiológicas adecuadas para su uso en sistemas hidropónicos.
- Existen diferencias significativas en las variables de crecimiento (altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, peso fresco, materia seca y área foliar) entre las concentraciones de biol evaluadas y la solución nutritiva comercial.
- Al menos una concentración de biol presenta un rendimiento comparable o superior al obtenido con la solución nutritiva comercializada por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

A nivel internacional

González et al. (2025) en Venezuela, indagaron “Sostenibilidad en la producción de lechuga *Lactuca sativa* L. con biol de gallinaza en sistema sin suelo”, el principal objetivo fue evaluar los efectos del biol a base de gallinaza en la producción de lechuga hidropónica, la metodología fue un diseño experimental, con enfoque mixto y nivel explicativo, la población se conformó con 100 plantas de lechuga y una muestra del 10%. Concluyeron que, la solución nutritiva comercial mostró un 30,9 % de rentabilidad, mientras que el biol de gallinaza alcanzó un 33 %. A pesar de esta diferencia, ambos enfoques demostraron ser viables y efectivos en el desarrollo de lechuga de calidad. Los parámetros agronómicos, como el porte de la planta, el follaje y la uniformidad, se mantuvieron consistentes, lo que indica que ambos métodos son capaces de producir lechugas con buena apariencia, color y textura.

Simbaña et al. (2025), en Costa Rica investigaron los efectos de las aplicaciones de biol con riego deficitario en el desarrollo agronómico del cultivo de lechuga, el objetivo fue estudiar el impacto del biol a base de hojarasca y el riego deficitario en el cultivo de lechuga, la metodología se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial 2×3 . Los tratamientos evaluados fueron T1 (sin biol + 100 % de la ETc), T2 (sin biol + 75 % de la ETc), T3 (sin biol + 50 % de la ETc), T4 (con biol + 100 % de la ETc), T5 (con biol + 75 % de la ETc) y T6 (con biol + 50 % de la ETc). Se concluye que, el biol mejora a la lechuga hidropónica, El T4 fue el mejor en rendimiento, mientras que T6 con 21,04 kg/m³, obtuvo un uso más eficiente en uso del recurso hídrico.

Mora (2024), indagó en Ecuador, “Aplicación de microorganismos eficaces en el cultivo de lechuga, bajo un sistema hidropónico NFT, en Guayas -Guayaquil” el propósito fue estudiar la aplicación de microorganismos eficaces *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en el cultivo de lechuga, la metodología fue un diseño completamente al azar (DCA), conformado por tres tratamientos y ocho repeticiones. Se Concluye que, el T2 SN-BS (solución nutritiva más *Bacillus subtilis*) con un valor de 567.5 gramo, tuvo la mayor producción en el cultivo de lechuga, existió diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento T1 SN-TH (solución nutritiva más *Trichoderma harzianum*) inferior al T2 SN-BS al tradicional solo con solución nutritiva.

A nivel nacional

Aguirre (2024), Investigo “el sistema hidropónico y producción convencional en el rendimiento de *Lactuca sativa L.* en Loreto 2022”, tuvo como objetivo evaluar la influencia de ambas técnicas en las características agronómicas y rendimiento total de las plantas de lechuga, se usó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y diez repeticiones, evaluando las variables altura, anchó, cantidad de hojas, largo y peso de raíz, peso de hojas y peso total de planta. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.01$). Concluye que, el sistema tradicional en camas mostró un desempeño superior en la mayoría de las variables agronómicas aéreas de lechuga, como altura, ancho y peso de planta, superando significativamente a la hidroponía. En contraste, la hidroponía de raíz flotante destacó únicamente en el desarrollo radicular, con mayor longitud y peso de raíz. Estos resultados muestran que el sistema tradicional de cama hortícola es más eficiente para maximizar el rendimiento aéreo, mientras que la tecnología de hidroponía requiere arreglos en el manejo de nutrientes y control ambiental para aumentar la productividad en condiciones similares a Loreto.

Bejar (2023) investigó “Riego hidropónico con biol en condiciones de invernadero, Allpachaca - Chiara – Ayacucho,2022”, el objetivo es Implementar el riego hidropónico con el uso de biol para el cultivo hortícola de lechuga y promover su uso con el fin de obtener productos ecológicos y económicos, se desarrolló una metodología de diseño de sistema NFT (Técnica de película nutritiva). Se concluye que, el biol como insumo de riego orgánico en el presente trabajo de investigación mejora la producción de lechuga en el sistema NFT. la preparación de la solución nutritiva se realizó al 9.09 % es decir: por cada 10 litros de agua se le añadió un litro de biol, se utilizó un total de 522 litros de solución nutritiva mezclados en un pozo y con la ayuda de una electrobomba se suministró la solución nutritiva hacia los canales de cultivo en intervalos de 5 minutos de inyección y 20 minutos de reposo. Con este proyecto se promueve el uso del biol para riego hidropónico, siendo una alternativa ecológica en la actividad agropecuaria.

Rosales (2023) investigó “Efecto de una solución hidropónica a partir del biol de aguas mieles en la productividad de *Lactuca sativa* (lechuga) en Amazonas 2022”, tuvo como objetivo evaluar el efecto del biol como solución hidropónica a base de aguas mieles en la productividad de *L. sativa*, la metodología de la investigación fue aplicada, determinando las características fisicoquímica y microbiológica del biol. Se concluye que, la mayor productividad de *L. sativa* fue con una solución hidropónica al 2,5% de biol procedente del tratamiento de aguas mieles de café, más la solución concentrada B, proveniente de insumos comerciales, por último, los impactos ambientales generados en las instalaciones del sistema de producción hidropónica del cultivo de *L. sativa*. Son relativamente bajos, debido a que se genera escasos recursos orgánicos, nula ecotoxicidad terrestre y calentamiento global. Es por ello que: La implementación de tecnologías innovadoras (hidroponía) para producción agrícola en especies hortícolas son completamente viables haciendo uso de sustancias líquidas de origen orgánico.

Chambi (2022) Determino los efectos de un abono líquido – biol, en la producción hidropónica para los cultivos hortícolas como: acelga, repollo y lechuga en condiciones de invernadero, el objetivo fue determinar el crecimiento de la planta (cm), número de hojas y parte aérea (kg) de la acelga, repollo y lechuga, aplicando tres dosis de biol, en condiciones hidropónicas a nivel de invernadero, la metodología fue de tipo experimental, para la población se evaluó a 600 unidades de hortalizas. Concluye que, los vegetales (acelga, repollo y lechuga) cultivadas en sistemas sin suelo, con aplicación de biofertilizante orgánico (BIOL), no crea dependencia de insumos ni técnicas al productor, asimismo no contienen residuos tóxicos. Al aplicar 800ml/15L al cultivo de acelga se obtuvo el mayor rendimiento de la parte aérea y altura de planta. Para la verdura (repollo), los mejores resultados fueron con aplicaciones de 600 ml/15 L. sin embargo el vegetal no formo cogollo aplicando solución orgánica e inorgánica. Finalmente, para la lechuga los mejores resultados logrados son con aplicación de 400ml/15L de abono liquido - biol.

Medina et al. (2022) indagaron “Influencia de las concentraciones del bioabono biol en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa var. longifolia* (Asteraceae)”, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de las concentraciones del biofertilizante “biol” en las características fenológicas de crecimiento y desarrollo de *Lactuca sativa* “lechuga” en un sistema hidropónico, con el fin de presentar una alternativa bioecológica, usando residuos orgánicos para el abonamiento de hortalizas de interés comercial, la metodología se realizó usando un biol con valores de 10, 200.00 mg/L de N , 219.10 mg/L de P y 1,103. 80 mg/L de K. Dicho biol tuvo un tiempo de 45 días de fermentación. Los resultados obtenidos nos muestran que el biol es una alternativa ecológica y económicamente rentable pues utiliza residuos orgánicos para el abonamiento de hortalizas de hojas bajo sistema hidropónico.

Mendoza (2015), realizo el estudio del efecto de tres soluciones nutritivas (Solución FAO, Solución la Molina y solución Universidad Nacional de Trujillo “UNT”)p

para determinar el rendimiento de *Lactuca sativa* L. var. Capitata cv. White Boston en sistemas sin suelo, los resultados obtenidos revelan que no existe significancia para las variables evaluadas (número de hojas y diámetro de planta), Sin embargo, el tratamiento con solución la Molina fue superior en peso fresco y altura de planta con valores (7.35 kg/m² y 29.17 cm de altura de plana). Las plantas para los tres tratamientos están entre los rangos de calidad comercial según Cabezas (2010).

Cando y Malca (2015), indagaron la influencia de un abono orgánico líquido biol en el rendimiento de Lechuga (*Lactuca sativa* L) cultivada en sistemas sin suelo, para validar la efectividad del biol, los resultados muestran que el biol es un bioabono altamente bueno y eficaz que la planta aprovecha de mejor manera los nutrientes al ser diluido de la siguiente manera 500 cc de biol en 16 litros de agua.

Pomboza et al. (2016), estudiaron la influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* L variedad Iceberg, con el objetivo de evaluar las características fenológicas de lechuga, al aplicar biol enriquecido con microorganismos eficientes. Las concentraciones y frecuencia de aplicación evaluadas fueron: biol (2%, 4% y 6%) y cada 8 y 15 días de aplicación. se concluye que: La dosis de biol al 6% aplicado cada 15 días resulto ser el mejor para las variables diámetro del cogollo comercial (25.9cm) y peso fresco de cabeza comercial (1.14kg) obteniendo los mejores rendimientos (549kg/ unidad experimental). Por lo tanto, se puede decir que el biol es una importante alternativa ecológica para fertilizar cultivos, pues reduce la dependencia de fertilizantes químicos y baja los costos de producción.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. AGROECOLOGIA.

La agroecología se define como una ciencia, un grupo de prácticas agrícolas y un pensamiento social, cuyo objetivo es retocar los sistemas agrícolas para que funcionen de manera similar a los ecosistemas naturales. (Wezel et al., 2020).

La agroecología no se limita a la sustitución de insumos químicos; sino que es adecuada principalmente a definiciones y elementos ecológicos para el modelo y dirección de agro-ecosistemas sostenibles (Gliessman, 2018).

Según Altieri (2018), la agroecología proporciona las bases científicas para transitar de una agricultura dependiente de combustibles fósiles a una basada en tecnologías ecosistémicas, tal es el caso de la reutilización de nutrientes y la fijación biológica de nitrógeno.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agricultura orgánica constituye un conjunto de medios como: suelo, agua, plantas, microorganismos, clima, manejo y abonamiento que en forma conjunta aplica principios ecológicos y sociales de los sistemas alimentarios, con el fin de obtener alimentos de manera razonable y equitativa. Entre los principios fundamentales de la agroecología destaca: El mantenimiento de la biodiversidad, uso eficiente de los recursos naturales y reciclaje de nutrientes. Estos principios permiten fortalecer de manera sostenible los sistemas de producción agrícolas y mejorar la seguridad alimentaria.

2.2.2. PROPUESTAS ORGANICAS

Las propuestas orgánicas se centran en el aprovechamiento de subproductos de origen animal o vegetal para alimentar a los cultivos, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos (Siura & Estrada, 2020).

Según Moreno et al. (2006), La producción orgánica se orienta a obtener vegetales de buena calidad sanitaria y nutricional, cuidando el medio ambiente y el bienestar de los ecosistemas, dentro de las principales técnicas agrícolas se encuentran el uso de fertilizantes orgánicos (compost, humus, biol y bocashi), que contribuyen al desarrollo de una agricultura sostenible, minimizando la contaminación ambiental y promoviendo vegetales más saludables para los consumidores.

La aplicación de biofertilizantes líquidos en sistemas de producción intensiva representa una opción viable para reducir el impacto ambiental de los nitratos sintéticos" (Sánchez et al., 2021).

2.2.2.1. BIOLES.

El biol es un abono líquido con muchos nutrientes equilibrados y en armonía mineral, su principal insumo es a base de estiércol fresco, disuelto en agua sin cloro e enriquecido con suero de leche, melaza y ceniza, depositados en tanques plásticos oscuro con tapa hermética, que se ha dejado fermentar por varios días, sin oxígeno (Suquilanda, 1996). Constituyen un insumo de Fito – reguladores obtenidos de la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos que se adquiere por medio del filtrado o decantación del biofertilizante (Basantes, 2009). Su acción es al interior de las plantas, regulando el equilibrio nutricional, a través de los ácidos húmicos y fúlvicos, auxinas y giberelinas de crecimiento, vitaminas, minerales, enzimas y coenzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejos, entre otros, presentes en medio líquido, además presenta elementos químicos esenciales para las plantas, y características físicas y microbiológicas que son indispensable para las plantas y la vida del suelo (Basantes, 2009). También, desarrollan actividades fisiológicas y estimula el crecimiento de las plantas, como consecuencia favorece el desarrollo de las hojas, órganos florales y adecuado crecimiento de los frutos, además favorece el desarrollo de raíces y raicillas, así como induce la germinación de semillas y partes vegetativas (Rosales, 2023).

El biol se obtiene de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos, pues es una fuente de nutrientes disponibles para ser aprovechados con mayor facilidad por las plantas, aumenta el desarrollo y productividad, específicamente es un producto adecuado para las hortalizas al ser aplicado de manera foliar, tiene como insumo principal estiércoles de diferentes animales, que se fermentan un periodo de 2 a 3 meses, obteniendo un líquido enriquecido por nutrientes (Biosphere, 2022).

1. Factores que intervienen en la formación del biol

- a. **Fermentación anaeróbica:** Descubierta por Pasteur, quien la representó como el *vie san l'air* (la vida sin el aire). Inducida por las levaduras y metazoos y protistas. La fermentación se lleva a cabo sin oxígeno; ello significa que el producto final es un compuesto orgánico con el acetaldehído o piruvato producto de la glicolisis es por ello que se manifiesta que tenga una fermentación alcohólica. (Basantes, 2009).
- b. **Biodigestores:** Son depósitos cerrados o tanques, de acuerdo a un diseño pueden ser construidos con diversos insumos que pueden ser de ladrillo y cemento o plástico. Son consideradas como maquinas simples, ya que dentro de ellos se realiza la digestión de materias primas, obteniendo subproductos aprovechables, como gas metano y abono líquido biol (Claure, 1992). En términos más simples, un biodigestor es un contenedor en el cual se produce Biogás y abono orgánico líquido, a partir de excretas (animales y humanos) y restos vegetales (Espinoza, 1987).

2. Tiempo de fermentación y momento de aplicación del Biol.

El tiempo de fermentación esta influenciado por las condiciones climáticas (temperatura y humedad), así como también de los insumos que se utilizan para su elaboración (Restrepo, 2007).

Bioles simples de preparar estarán listos, a los 20 a 30 días. Mientras que bioles complejos o enriquecidos con sales minerales suelen demorar entre 35 a 45 días, si no existe dependencia económica se puede acortar el tiempo de fermentación adquiriendo varios recipientes, con la finalidad de colocar en cada recipiente uno por uno los ingredientes acompañados de una sal mineral (Pérez y Peña, 1997). Después, solo es necesario determinar la dosis adecuada de cada uno de los nutrientes, de acuerdo al cultivo. Estos deben ser mezclados en un

balde para posteriormente depositarlo en la mochila de fumigar y ser aplicado, el cual coincide con la finalización de la etapa más activa de la fermentación anaeróbica del estiércol, para garantizar esta etapa se debe verificar que en la válvula casera haya terminado la salida de los gases, es decir no se evidencie burbujas en la botella con agua que está conectada a través de una manguera al biofermentador (Espinoza, 1987).

El periodo más activo de fermentación son en los primeros 15 a 20 días, seguido de la etapa de maduración, al igual que en el proceso de fermentación de vinos; por lo tanto, mientras más tiempo se deje o se añeje el biofertilizante en sus condiciones de inicio y su envase original, la calidad del biol será mejor. El tiempo de fermentación esta influenciado por las condiciones climáticas sin embargo puede durar entre 2 a 3 meses. (Suquilanda, 1996).

La frecuencia y el tiempo de aplicación del biofertilizante es variable, depende mucho del tipo de cultivo, el estado fenológico en que se encuentra el cultivo, tipo de suelo y condiciones climáticas. Para las hortalizas de hoja se recomienda realizar de 3 a 6 aplicaciones, si la aplicación es directamente al follaje puede ser en las primeras horas de la mañana o al atardecer en concentraciones de 3% a 7%, y si la aplicación es directamente al suelo, este debe estar a capacidad de campo y se recomienda concentraciones de hasta el 25% (Samperio, 1999).

3. Recetas de bioles.

- a. Wilkerson (2015) refiere que, la Fundación MAZAN, hace uso de los siguientes insumos , para un depósito de 200 litros: 1. Ingredientes orgánicos: (30 kg de ceniza; 5 litros de suero o leche; 5 litros de melaza o miel o panela; 2kg de humus de lombriz; 4kg de tierra de bosque o tierra negra; 0.5 kg de harina de hueso o cascara de huevo; 5 kg de estiércol de gallina o cualquier animal menor; 40 kg de estiércol fresco de vacuno; 10 kg de plantas picadas como: Ortiga (*Urtica dioica*), cola de caballo (*Esquisetum arvense*), alfalfa (*Medicago*

sativa), chocho (*Lupinus mutabilis*), Atago (*Amaranthus quitensis*), entre otras especies. 2. Ingredientes minerales: (285g de sulfato de zinc; 285g de sulfato de magnesio; 285g de ácido bórico; 33g de óxido de manganeso; 57g de sulfato de cobre; 15g de cloruro de cobalto; 20g de sulfato ferroso; 3 kg de arcilla en polvo (cuando los suelos son arenosos); 4 kg de roca fosfórica (en último de los casos usar superfosfato triple)).

- b. El grupo social FEPP, regional- Riobamba, utiliza los siguientes ingredientes para un recipiente de 75 litros (Rubio, 2002): 1. Ingredientes orgánicos: (6.8 kg de estiércol fresco de animales mayores y/o animales menores; 2.3 kg de humus; 0.5 kg de hojas de leguminosas picadas: vicia (*Vicia sativa*), alfalfa o trébol (*Trifolium repens*); 0.5 kg de hojas de Ortiga (*Urtica dioica*) picada; 1 litro de melaza o panela diluida; ½ paquete de levadura de pan; 4 litros de leche o suero y 1 kg de ceniza de leña), 2 ingredientes minerales: (226 g sulfato de cobre, 226 g magnesio; 226 g de roca fosfórica y 226 g de bórax).
- c. González (2014), para un recipiente de 200 litros hace uso de los siguientes insumos: 1. Ingredientes orgánicos: (50kg de gallinaza; 20 kg de alfalfa (*Medicago sativa*) picada; 5 litros de orín de vaca; 4 tapas de chancaca; 2 litros de agua de coco; 10 litros de sangre de animales (fresca o coagulada); 4 litros de chicha de jora fermentada; 18 litros de suero o leche; 4 kg de ceniza; ½ kg de cascara de huevo de gallina triturado), 2. Ingredientes minerales: (2 kg de roca fosfatada; 1kg de sal mineral y 1kg de levadura de pan).

2.2.3. CULTIVO DE LECHUGA

2.2.3.1. Generalidades

La lechuga es una especie vegetal bastante antigua; data del año 4500 a. c. Está considerada como una hortaliza de hoja, pues se consume fresca, en ensaladas, insumo de hamburguesas o emparedados en la comida rápida. Presenta alto

contenido de agua y bajo valor energético, pues es usada en dietas hipocalóricas o para bajar de peso (Arellano, 2005). Es uno de los 4 vegetales que se adapta mejor al sistema hidropónico. Principalmente es demandada en restaurantes, cevicherías o lugares de comida rápida, proporcionando productos inocuos y de buena calidad a sus consumidores (Condori y Vilca, 1995).

Es una planta anual, raíces pivotantes, con bastantes ramificaciones secundarias desenvueltas en forma subterránea, hojas en forma de cogollo más o menos sólido, hojas de color verde claro a oscuro, hojas de forma redonda, lanceolada o casi espatulada, de consistencia correosa o blanduzca (Condori et al., 2017). Tallo cilíndrico y ramificado, con inflorescencia en forma de capítulos florales de color amarillos dispuestos en racimos (Bejar, 2023).

La lechuga es consumida a nivel mundial, por sus características nutricionales pues contiene: altos contenidos de vitaminas A, B, C, y E; minerales; 94.8 % de agua; 1.2% de proteína; 0.2 de grasas y 2.9 % de hidratos de carbono, además es bajo en calorías, se utiliza en las dietas para bajar de peso, también tiene propiedades calmantes y somníferas (Valencia, 1995).

Taxonomía

Clasificación filogenética de lechuga según Condori y Vilca (1995):

Orden	: Campanulales
Familia	: Asteraceae
Subfamilia	: Cichorioideae
Género	: <i>Lactuca</i>
Especie	: <i>Lactuca sativa</i> L. (1753).
Nombre común	: Lechuga

Descripción botánica

Japon (1977) manifiesta que la lechuga (*Lactuca sativa.*) es un cultivo anual, su ciclo fenológico generalmente dura entre 50 a 60 días, mientras que algunas variedades pueden dura entre 70 a 80 días.

- **Raíz:** Es pivotante, con un eje principal de forma carnosa, es ramificada que puede llegar a tener una longitud de hasta 1.80 metros, con bastantes raíces laterales.
- **Tallo:** En su primera etapa fenológica es demasiado corto, posterior a la etapa comercial, su desarrollo es de manera creciente pudiendo llegar a medir entre 1 a 1.20 metros dependiendo la variedad.
- **Hoja:** Son de color variado desde el amarillo hasta el verde oscuro, existen lechugas purpuras a moradas dependiendo a la variedad, hojas de forma lanceolada, oblonga, redonda con borde liso, lobulado, ondulado o dentado, las hojas tienen la superficie plana o rugosa, que en conjunto forman un cogollo semi rígido a sólido. El sabor es ligeramente amargo a dulce.
- **Flor:** Es un conjunto de capas compuestas por 10 a 20 floretes de color amarillo, presenta un receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricadas.

2.2.3.2. Variedades de lechuga

Maroto (2000), afirma que existe cuatro variedades botánicas de *Lactuca sativa*:

- a. ***Lactuca sativa var longifolia* Lam:** Agrupa a plantas de la misma especie, siendo las hojas el órgano aprovechable, estas forman un pseudo cogollo (lechugas romanas y tipo "Cos"), siendo generalmente de forma ovada u oblonga. INFOAGRO, citado por Yupangui y Zhirvi (2010), indican que en este grupo se encuentran las variedades Crespa (Dancing), Seda (Dark Green

Boston, White Boston), Arugula (Rocket o Roquette) y Lamb's lettuce o lechuga de campo.

- b. ***Lactuca sativa* var *inybarcea* Hort:** Comprende a las lechugas con hojas dispersas y sueltas.
- c. ***Lactuca sativa* var *agustana* Irish:** se caracteriza por que el órgano aprovechable es el tallo, con hojas en forma de lanza y puntiagudas.
- d. ***Lactuca sativa* var *Capitata* Lam:** este tipo de lechuga forma un cogollo rígido y sólido. las hojas son de forma ancha, orbicular (lechugas acogolladas), Existen dos grupos de este tipo de lechugas: las de hojas consistentes (Batavia y Astral), y las de hoja mantequilla o seda (Trocadero, Clarión, Mirena, Aprilia).

González (2014), afirma que existen diversas especies de lechuga, caracterizadas de la siguiente manera:

- a) **Variedades tipo cos o romana:** Green Towers, Ideal Cos, Pyramid Cos, Rubia de Paris, Blanca de Paris, Verte Maraichere, etc.
- b) **Variedades Tipo Arrepollada:** Great Lakes 118, Great Lakes 659, Coolguard, Coyote, Mohawk, Sahara, Sharpshooter, Valley Green, Salinas 88 Supreme, Alpha, Coolgreen, Desert Storm, etc.
- c) **Variedades de Hoja:**
 - **Tipo Española:** Cuatro Estaciones, Divina, francesa Sangria, Magda, Pacheco, Reyna de Mayo, Verpia, Vulcan, Justine, Blanca de Boston, Sunny, Santa Cruz, etc.
 - **Tipo Milanesa:** Milanesa Victoriosa, gallega, Amelia, Graziella, Sierra, etc.
 - **Tipo de hoja pequeña (Babyleaf):** Tipo Costina (Casius, Diveria), Hoja de Roble (kinevia, Lunavia) y Iceberg (Winaria).

- d) **Variedades para hidroponía:** Casabella, Flamenco, Grand Rapids; Levistro; Lollo Kriska, Luberon, Red Salad Bowl, Sanguine.

2.2.3.3. Valor nutritivo.

Tabla 1.

Composición química de lechuga por 100 g.

Ítem	Parámetro
Agua	95.1 g
Calorías	1.1kcal
Carbohidratos	1.9 g
Grasas	0.2 g
Fibra	1 g
Potasio	257mg
Calcio	32 mg
Fosforo	23 mg
Sodio	5 mg
Tiamina	0.06mg
Riboflavina	0.06mg
Niacina	0.3 mg
Ácido fólico	215 mg
Vitamina C	8 mg
Vitamina A	970 mg
Vitamina B6	0.05mg

Fuente: Valencia, 1995.

2.2.3.4. Cosecha

La cosecha consiste en separar la parte aérea de la planta de la raíz haciendo uso de un cuchillo (Llanos, 2001), el momento preciso para realizar esta actividad está determinado por:

- a. El precio en el mercado:** depende de la demanda existente, si la demanda sube esto genera que plantas con un desarrollo del 50% de tamaño sean comercializadas, al igual que las lechugas de hojas (Hernández, 2014).
- b. El número de hojas:** Es un criterio aplicable a las lechugas de hojas. En lechugas inmaduras deben tener más de 30 hojas para ser cosechadas, y lechugas maduras cerca, igual o más de 35 hojas (Hernández, 2014).
- c. Edad y altura de planta:** Es un criterio aplicable a las lechugas de hoja y cabeza. La edad está determinada por el periodo vegetativo de acuerdo a la variedad a cultivar. Generalmente se cosecha después de 2 meses del trasplante; la altura de la planta debe ser de 30 cm (Theodoracopoulos, 2009).
- d. Solides o compactación de la cabeza:** Los índices de madurez que se usan para la cosecha para lechugas que forman cogollo rígido son:

Tabla 2.

Tipos de consistencia (solides) de cogollo de lechuga

Solidez del cogollo	Descripción
1. Blanda, sin formación de cogollo	Inmadura: hojas pequeñas y tiernas, fáciles de sufrir daños mecánicos; están en completa actividad respiratoria; hojas demasiado dulces poco comercializadas.
2. Semi rígida, el cogollo inicia a formarse	La tasa de respiración de las hojas es alta aun, tiene un sabor dulce sin amargo.
3. Rígido, buena formación del cogollo, densidad óptima.	Madura: tiene sabor delicioso y característico ligeramente amargo.

Solidez del cogollo	Descripción
4. Dura; maduras máxima, sin rompimiento de los peciolo.	Lechuga que fácilmente puede ser afectada por la mancha rojiza, el peciolo es de color rosado, sufre alteraciones fisiológicas, poco dulce con moderado sabor amargo.
5. Extremadamente dura; peciolo quebrados	Extremadamente madura; escaso sabor y mucha presencia de amargo.

Fuente: Kader (1978).

2.2.4. HIDROPONÍA

La *hidroponía* hace referencia a dos palabras griegas HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) literalmente definida como trabajo en agua. Es un grupo de prácticas y técnicas que permite cultivar plantas en un medio libre de suelo, Específicamente hortalizas de hojas y plantas del tipo herbáceo, pues esta práctica se adapta en áreas pequeñas como azoteas, también al no hacer uso tierra, se puede instalar módulos en terrenos infértiles, escabrosos. para llevar un control adecuado del clima se puede instalar bajo invernaderos climatizados. (Beltrano y Giménez, 2015).

La hidroponía, hace uso de soluciones nutritivas para ser aprovechadas por la planta en el momento preciso, sin esperar la mineralización. El cultivo hidropónico a través de las soluciones acuosas se alimenta de manera controlada dependiendo de la demanda de nutrientes, puesto que los nutrientes gastados pueden ser repuestos, El riego puede ser controlado día a día en base a los requerimientos nutricionales del cultivo (FONAG, 2010).

El cultivo en hidroponía, es una alternativa sostenible para el desarrollo de plantas, ya que no requiere de suelo. Esta tecnología permite obtener productos inocuos y de buena calidad, pues se adapta a cualquier área libre poco convencional,

siempre y cuando las condiciones climáticas como: temperatura, luz y humedad sean adecuadas (Beltrano y Giménez, 2015).

En este tipo de cultivos el suelo es reemplazado por un sustrato inerte, siendo los nutrientes suministrados a través del riego, también existe una técnica que solamente los nutrientes están presentes en soluciones acuosas, todo esto es considerado cultivos hidropónicos (FAO, 2003).

2.2.4.1. Sistemas hidropónicos

Los sistemas hidropónicos pueden ser extremadamente sencillos y complejos: El más sencillo con funcionamiento manual, moderado con funcionamiento semiautomatizado y el más complejo completamente automatizado. Se caracteriza a los sistemas hidropónicos en dos grupos los que solamente hacen uso de agua y soluciones y los que hacen uso de sustratos (Rodríguez. 2004). Estos son:

2.2.4.2. Sistemas hidropónicos en agua

- a) **Recirculante o NFT:** se define como una técnica de película de nutrientes, consiste en inyectar una película de solución nutritiva de manera permanente o en intervalos de tiempo por canales que pueden ser tubos de PVC, que irrigan las raíces de las plantas, así como también permiten la respiración de las mismas, facilitando la absorción del macro y micro elementos durante el ciclo de vida del cultivo. Esta película nutritiva no debe superar los 7 cm desde la base del contenedor (Samperio, 1999).
- b) **Raíz flotante o cultivo en agua:** Este sistema se realiza en contenedores de diversos tamaños, donde se depositan agua y se disuelve nutrientes, generalmente se utiliza 7 cm³ de solución nutritiva para 1 000 cm³ de agua. Los cultivos como albahaca, apio, berro, escarola y varios tipos de lechuga, se adaptan muy bien a este tipo de sistema, ya que se obtiene resultados

favorables relacionados a tiempo y rendimientos por cada metro cuadrado (Marulanda, 2003).

En este tipo de sistema las plantas usan como soporte una lámina de icopor (Tecnopor) fijadas en un cubo de esponja que sirve para sostener a la planta, mientras las raíces son suspendidas y sumergidas dentro de la solución nutritiva. Todo esto flota sobre la solución nutritiva. Este tipo de sistema se adapta mejor en climas frescos, no es recomendable utilizarlo en climas calientes puesto a que la demanda de oxígeno es indispensable para el adecuado desarrollo de las raíces (Reyes, 2009).

2.2.4.3. Sistemas hidropónicos con sustratos

- a) **Riego por goteo:** Este sistema consta de varias partes; los contenedores que pueden ser bolsas, baldes, entre otros, los mismos que contienen sustratos inertes como arena donde se siembran los cultivos, principalmente de fruto como, tomate, pimiento, pepinillo, melón y sandía, seguidamente consta de un sistema de riego a través de mangueras de polietileno y goteros, que a través de una bomba inyecta la solución nutritiva a cada contenedor irrigando el sistema radicular de las plantas. La irrigación puede ser en intervalos de tiempo de 5 a 8 veces diario. (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005).

2.2.4.4. Nutrición hidropónica

Para nutrir las plantas se requiere de 14 elementos esenciales que garantizan un adecuado desarrollo, dichos elementos están presentes en los fertilizantes químicos: y son (el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). Estos elementos tienen de 1 a más funciones en el ciclo de crecimiento de las plantas; pues si llegara a faltar alguno de ellos la planta tendría deficiencias específicas. A este grupo de elementos químicos, se clasifican en elementos mayores o macronutrientes (N; P; K; Ca; Mg y S) que son consumidos en

mayor cantidad por las plantas y elementos menores o micronutrientes (Fe; Cu; Mn; B; Zn; Mo y Cl). (Reyes 2009).

2.2.4.5. Soluciones nutritivas

Una solución hidropónica es un medio que suministra a la planta agua y elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo. Una solución completa debe estar constituida por macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) estos elementos son consumidos en (g/L). mientras que los micronutrientes (Fe, Mo, B, Zn, Ni y Cu) en (mg/L). Estos elementos deben estar presentas en forma de lones para una adecuada asimilación por las plantas. El pH de la solución para el adecuado desarrollo de la mayoría de especies vegetales crezcan adecuadamente debe oscilar entre 5.7 a 6.5 ligeramente acido, lo cual garantiza que los nutrientes estén completamente disueltos y disponibles para los cultivos. Si no se mantiene regulado estos rangos algunos elementos se precipitan ocasionando deficiencia de los nutrientes evidenciándose los síntomas en la planta.

Otro de los factores importantes es la Conductividad eléctrica (CE) o la capacidad que tiene una solución de transportar electricidad por unidad de área. La CE se mide en S/cm² (S = Siemens) o mhos/cm. Esto indica la cantidad de sales disueltas en el agua. Para el cultivo de hortalizas de hoja se recomienda tener una CE que oscile en los rangos de 1.8 – 2.3 mmhos/cm. Si en caso los valores son inferiores existiría deficiencia de nutrientes, mientras que valores mayores pueden intoxicar a la planta ya sea por taponamiento. También en cultivos de frutos el requerimiento nutricional es variado en cada etapa fenológica del cultivo. (Beltrano y Giménez, 2015).

Algunos ejemplos de soluciones nutritivas formuladas por algunos investigadores de nutrición vegetal son:

Tabla 3

Formulaciones de soluciones nutritivas de acuerdo a su descubridor.

mmol/L	Hoagland		Graves (1983)	Sonneveld		Sonne veld (1986)	Mavrogian	
	y Arnon (1938)	Verwer (1986)		Voogt (1985)	Steiner (1984)		nopolus Papadakis (1987)	DAY (1991)
N	15,0	12,3	12,5	10,7 -17,0	12,0	12,0	13,0	9,0- 15,0
P	1,0	1,25	1,6	0,95-1,45	1,0	1,5	1,0	1,0
K	6,0	7,1	10,0	7,6-12,7	7,0	7,5	7,0	7,5
Ca	4,0	4,25	5,6	3,75-7,5	4,5	3,75	4,0	3,75
Mg	2,0	1,0	2,0	1,6-2,0	2,0	1,0	1,25	1,5
S	2,0	3,3	-	-	3,5	-	-	-
mg/L								
Fe	2,5	1,7	3,0	3,0-6,0	1,33	0,56	3,5	2,0
Mn	0,5	1,1	1,0	0,5-1,0	0,62	0,55	1,0	0,75
Cu	0,02	0,017	0,1	0,1	0,02	0,03	0,02	0,1
Zn	0,05	0,25	0,1	0,1	0,11	0,46	0,5	0,5
B	0,5	0,35	0,4	0,3-0,4	0,44	0,22	0,3	0,4
Mo	0,01	0,058	0,05	0,05	0,049	0,05	0,05	0,05

Fuente: Beltrano y Giménez 2015.

2.2.4.6. Solución hidropónica La Molina

Esta solución se originó a través de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En 1993 se obtuvo la primera fórmula, con el transcurrir del tiempo se han hecho ciertos ajustes con la finalidad de poder mejorarla. Para promover a la hidroponía como una técnica sostenible y fines sociales. Esta fórmula hace uso de fertilizantes sintéticos, que se pueden adquirir en diversas agro-veterinarias en todas las regiones del Perú. La solución hidropónica la Molina consta de dos soluciones madres concentradas que son: Solución concentrada A y B. La solución concentrada A contiene los

macroelementos; y la solución concentrada B contiene los microelementos. Esta solución concentra está conformada por las siguientes cantidades:

Macronutrientes		Micronutrientes	
Elemento	Parámetro	Elemento	Parámetro
N	190 ppm	Fe	1.00 ppm
P	35 ppm	Mn	0.50 ppm
K	210 ppm	B*	0.50 ppm
Ca*	150 ppm	Zn	0.15 ppm
Mg*	45 ppm	Cu	0.10 ppm
S*	70 ppm	Mo	0.05 ppm

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

*incluye las cantidades que aporta el agua

La formulación óptima para cada cultivo depende mucho de las condiciones climáticas, así como también de los requerimientos nutricionales de cada uno. Los principales elementos como el nitrógeno, fósforo y potasio. Pueden ser ajustados de acuerdo a la disponibilidad de fertilizantes que se puedan conseguir, se recomienda que estos sean de alta solubilidad (Rodríguez, 2004).

2.2.5. INOCUIDAD ALIMENTARIA.

Según el MINSa (2023), la inocuidad de los alimentos es la garantía que tiene el producto para no causar daño al consumidor. En el caso de las ensaladas (la lechuga), este aspecto es crítico debido a su consumo en fresco. Pues el uso de abonos orgánicos exige un control estricto para evitar la presencia de patógenos como *Escherichia coli* o *Salmonella spp.*

El Ministerio de Salud, a través de la RM 591-2008-MINSA (y su actualización RM 591-2023-MINSA), crea los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad de los alimentos de consumo humano. Para hortalizas frescas, se utilizan indicadores tales como: Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g) y el Número Más Probable (NMP/g) para coliformes termotolerantes.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó dentro de un cobertor de 40m², ubicado en el predio del Señor Wilmer Romero Salazar, Distanciados a 700 m de la ciudad de Cajamarca, frente a la I.E. 82028 Samanacruz del distrito, provincia y región de Cajamarca, a una altitud de 2 743 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas UTM 0773220 E y 9209849 N. Durante la conducción del experimento se logró medir la temperatura promedio de 19°C, con una máxima de 32°C y mínima de 6°C. La humedad relativa promedio fue de 70 %

Figura 1.

Mapa de ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación



3.2. Materiales

a) Material experimental

- Semilla botánica de lechuga (*Lactuca sativa* L. var Dark Green Boston).
- Solución hidropónica La Molina: Constituida por:
 - **Solución A:** Nitrato de amonio (31% N); Superfosfato Triple (45 % P₂O₅, 20% CaO); Nitrato de Potasio (13.5%N, 46%K₂O).
 - **Solución B:** Sulfato de Magnesio (16%MgO, 13%S); Quelato de Hierro (6% Fe); Manganeso (Mn); Boro (Br); Zinc (Zn); Cobre (Cu); Molibdeno (Mo).
- **Biol:** Fertilizante líquido proveniente de la fermentación anaeróbica de una mixtura de insumos (Tabla 4).

Tabla 4.

Insumos del biol

Insumo	Unidad	Cantidad
Leche de vaca	L	5
Melaza	L	2
Lixiviados de guano de cuy	L	10
Cascara de huevo de gallina molido	g	100
Ceniza	kg	0.5
Estiércol de cuy	kg	20
Levadura de pan	barra	½
*Extracto de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	mL	600
Residuos del extracto de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	kg	2
Licuado de rocoto (<i>Capsicum pubescens</i>)	mL	500
Licuado de plátanos (<i>Musa paradisiaca</i>)	unidad	10
**Limaduras de hierro	kg	½
H ₂ O de lluvia	L	35

* Los extractos se obtuvieron con la ayuda de una extractora eléctrica.

**Las limaduras de hierro fueron adquiridas de los desechos que dejan los Tornos.

- b) Herramientas:** Palana, pico, rastrillo, sierras (sierra de mano y sierra de copa de 1/2" y 1 1/2"), escalera, nivel de carpintero, wincha y martillo.
- c) Equipos:** Cámara digital, equipo de protección personal (mandil y guantes), bombas sumergibles (Aquarium pump NS1300), estufa, balanza digital, termohidrómetro, timer, taladro y cintas de pH.
- d) Otros:** Baldes de 20 L, tubos PVC (3",1/2"), codos PVC (3",1/2"), tapones PVC (3",1/2"), tez PVC (3",1/2"), arena gruesa de río (sustrato), vasitos descartables de 3 onzas (canastillas), manguera (16 mm y 1/2"), esponja, bidón de 60 L, galones, botellas, jarras graduadas de 1 L y 1/2 L, bolsas (de papel y polietileno), plástico, geotextil, malla rachel de 80% de sombra, pabito, cuaderno de campo, lapiceros, cutter, plumón indeleble, papel bond A4, cinta , engrapador, alcohol etileno 96°, franela ,caballetes, pegamento PVC, cinta teflón, tul, tapers descartables, cable eléctrico # 14, tomacorrientes, madera, pulverizador, lejía, agua oxigenada 10 volúmenes, jeringas hipodérmicas de 20 mL.

3.3. Metodología

3.3.1. Diseño experimental.

La metodología fue experimental con un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones (tabla 5). Cada tratamiento involucró a catorce unidades experimentales (plantas de lechuga), distribuidas en tubos de PVC de 3" (Fig. 2).

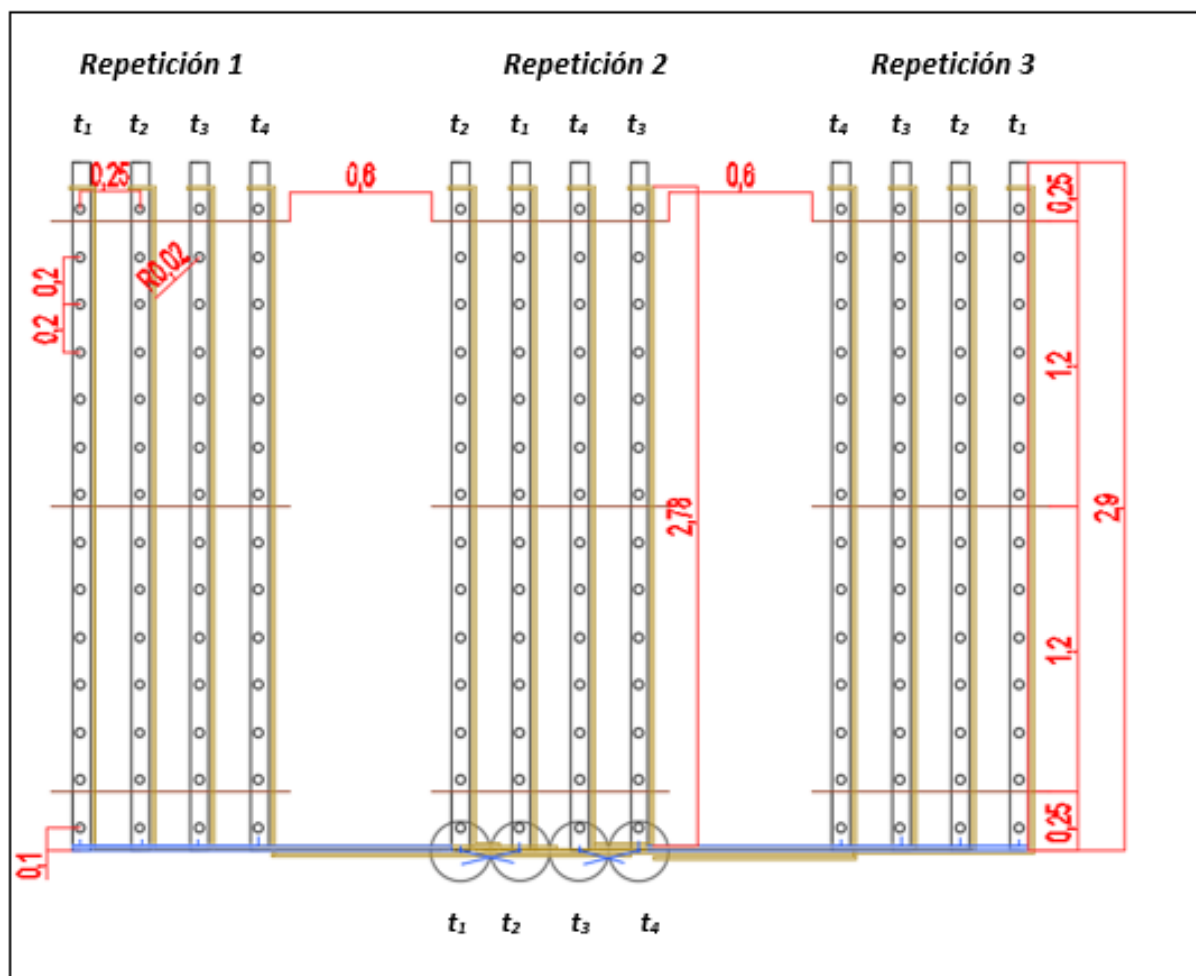
Tabla 5.

Tratamientos en estudio de acuerdo al diseño experimental DCA.

Repeticiones	Tratamientos			
1	t ₁ (Testigo) Solución Hidropónica la Molina	t ₂ Biol al 10%	t ₃ Biol al 20 %	t ₄ Biol al 40 %
2	t ₂ Biol al 10%	t ₁ (Testigo) Solución Hidropónica la Molina	t ₄ Biol al 40 %	t ₃ Biol al 20 %
3	t ₄ Biol al 40 %	t ₃ Biol al 20 %	t ₂ Biol al 10%	t ₁ (Testigo) Solución Hidropónica la Molina

Figura 2.

Croquis de distribución de los tratamientos.



3.3.2. Conducción del Experimento

3.3.2.1. Preparación de Soluciones Nutritivas Madre.

a. Biofertilizante (Biol).

Dentro de un bidón de 60 litros, se depositó 5 litros de leche de vaca; 2 litros de melaza, 10 litros de lixiviados de cuy; 600 mililitros de extracto de alfalfa; 500 mililitros de licuado de rocoto; 100 gramos de cascara de huevo molido; 2 kilogramos de alfalfa (residuos del extracto de alfalfa); 1/2 kilogramo de ceniza; 10 plátanos licuados; 20 kilogramos de estiércol de cuy; 1/2 kilogramo de limaduras de hierro, 1/2 barra de levadura de pan y se aforo a un volumen de 50 litros. Finalmente, con la ayuda de un bastón se movió todo el preparado, dejando completamente homogénea la mezcla (Fig. 3).

A la tapa del bidón se le hizo un agujero de 1/2" de diámetro, donde se colocó un adaptador de manguera, que permitió la salida de los gases generados por la fermentación anaeróbica de los insumos depositados.

Tapamos el bidón, y conectamos un extremo de la manguera al adaptador que fue fijado en la tapa. El otro lado de la manguera se introdujo en una botella con agua, la cual sirvió de válvula para la expulsión de los gases creados durante la fermentación y evitó que ingrese el oxígeno atmosférico a la mezcla.

A cuatro meses de iniciado el proceso fermentativo, se constató que la emisión de burbujas a través de la válvula se detuvo. Esta observación fue considerada como el fin de la fermentación anaeróbica de los componentes del biol e inicio de su proceso de maduración. A la vez, fue el indicador de que el biol estuvo listo para ser utilizado. En ese momento, el bidón fue destapado y

el biol uniformemente mezclado, filtrado utilizando un tul (diámetro de poro = 0.5 mm²) y envasado en baldes y galones, los cuales fueron etiquetados.

Figura 3.

Principales etapas de la preparación del biol: A: Bidón con tapa hermética de 60 litros, acondicionado como un biodigestor; B y C: Mezcla de los ingredientes; D: Inicio del proceso de fermentación; E: Filtrado del biol en un Tul; y, F: Envasado y etiquetado del biol.



b. Preparación de la solución hidropónica “La Molina”.

b.1. Solución concentrada “A”. En tres litros de agua potable se disolvió el nitrato de potasio, mezcla a la cual se le agregó el nitrato de amonio y agitó hasta provocar su total disolución. En un segundo recipiente se depositó 250 mL de agua y adicionó el superfosfato triple,

dejándolo en remojo por espacio de una hora. Transcurrido este tiempo se agitó el superfosfato triple, hasta disolverlo para luego suministrarlo sobre la anterior mezcla. Los residuos de superfosfato triple adheridos al recipiente fueron repetidamente lavados y agregados al primer recipiente. Finalmente, el volumen de la mezcla fue aforado a cinco litros, adecuadamente agitada, almacenada en un galón y etiquetada (Fig. 4).

Figura 4.

Principales etapas de la preparación de la solución madre "A": A: Sales de la solución madre "A"; B: Proceso de disolución de sales, C: Superfosfato triple en proceso de remojo. D y E: Envasado y etiquetado de la solución madre "A".



b.2. Solución concentrada “B”. Utilizando un recipiente, conteniendo 1 litro de agua, fue completamente disuelto el sulfato de magnesio. En otro recipiente conteniendo 100 mL. de agua destilada se disolvió la mezcla de micronutrientes para luego verterla encima de la mezcla de sulfato de magnesio. Manteniendo a estos constituyentes en agitación, se suministró el quelato de hierro y posteriormente se agregó agua hasta completar 2 litros. Últimamente, la mezcla fue almacenada en galones y etiquetada (Fig. 5).

Figura 5.

Principales etapas de la preparación de la solución madre “B”: A: Sales de la solución madre “B”; B: Proceso de disolución de sales; C: Micronutrientes disueltos; D: Envasado y etiquetado de la solución madre “B”.



c. Solución Hoagland (1950). En un matraz conteniendo un litro de agua destilada, en agitación, se agregaron los insumos en las cantidades y orden señalados en la Tabla 6. Finalmente, se aforo a un volumen de dos litros utilizando agua destilada, para luego etiquetarla y almacenarla.

Tabla 6.

Solución Hoagland (1950)

Componente	Solución de reserva	mL Solución de reserva/1L
Macronutrientes		
2M KNO ₃	202 g/L	2.5
1M Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236 g/0.5L	2.5
Hierro (Sprint 138 quelato de hierro)	15 g/L	1.5
2M MgSO ₄ .7 H ₂ O	493 g/L	1
1M NH ₄ NO ₃	80 g/L	1
Micronutrientes		
H ₃ BO ₃	2.86 g/L	1
MnCl ₂ .4H ₂ O	1.81 g/L	1
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.22 g/L	1
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.051 g/L	1
H ₃ MoO ₄ .H ₂ O or	0.09 g/L	1
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.12 g/L	1
Fosfato		
1M KH ₂ PO ₄ (pH to 6.0)	136 g/L	0.5

Fuente: Wilkerson 2015.

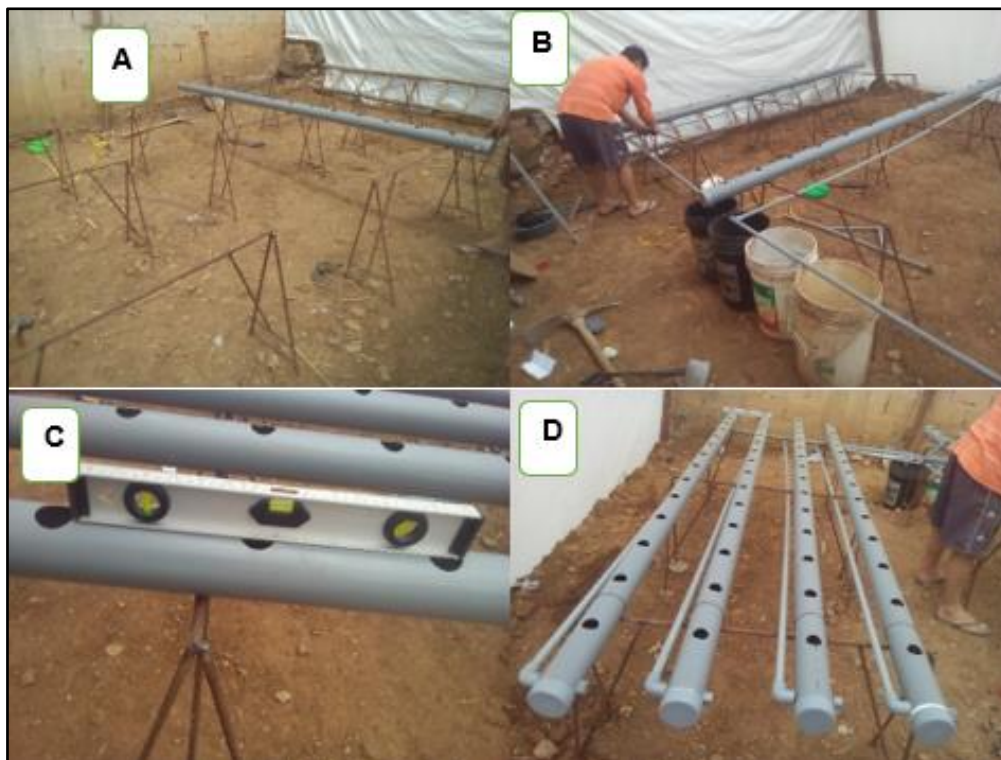
3.3.2.2. Construcción e instalación del sistema hidropónico NFT.

Dentro del cobertor se colocaron tres soportes (caballetes) por repetición (Modulo), alineados, nivelados y con una separación de 1.2 m entre

sí y 0.6m entre Modulo (Fig. 2). Usando el taladro y la sierra de copa de 2" de diámetro se perforaron los tubos PVC de 3". A lo largo del tubo se abrieron agujeros distanciados 20 cm entre sí. Cuatro tubos PVC de 3", debidamente perforados, fueron colocados sobre los soportes, con una separación de 25 cm (repetición). Los tubos de cada repetición fueron entrelazados por un sistema de abastecimiento y drenaje de solución nutritiva. El abastecimiento fue facilitado por una bomba, y el drenaje, por la fuerza de gravedad, de tal manera que la solución nutritiva de cada tratamiento recircule por los correspondientes tubos PVC (Fig. 6).

Figura 6.

Principales etapas de la instalación del sistema hidropónico NFT: A: Distribución de caballetes dentro del cobertor; B: Instalación del sistema de drenaje y abastecimiento de solución en el sistema NFT; C: Proceso de nivelación de los tubos de PVC 3", D: Modulo hidropónico NFT.



3.3.2.3. Análisis físico, químico y microbiológico del Biol.

El Laboratorio del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, fue la entidad encargada de establecer las características físico-químicas y microbiológicas del biofertilizante Según sus procedimientos establecidos, nos proporcionaron un *cooler* conteniendo cinco envases para la recolección de muestras (Fig 7), y dos *icebergs* para mantener frescas las muestras hasta su llegada al laboratorio.

Tabla 7.

Volúmenes de las muestras de biol (mL.), requeridos para determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

N° de envase	Cantidad de biol (mL)	Parámetros
1	250	Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes (Fecales) y formas Parasitarias.
2	500	<i>Escherichia coli</i>
3	500	pH, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Color.
4	1 000	Nitritos, Nitratos, Sulfatos, Fosfatos, Nitrógeno Amoniacal, etc.
5	1 000	Metales Disueltos y Metales Totales.

Figura 7.

Principales etapas de la toma de muestras de biol: A y B: Proceso de muestreo según los parámetros requeridos; C: Cooler e iceberg para trasladar y conservar las muestras.

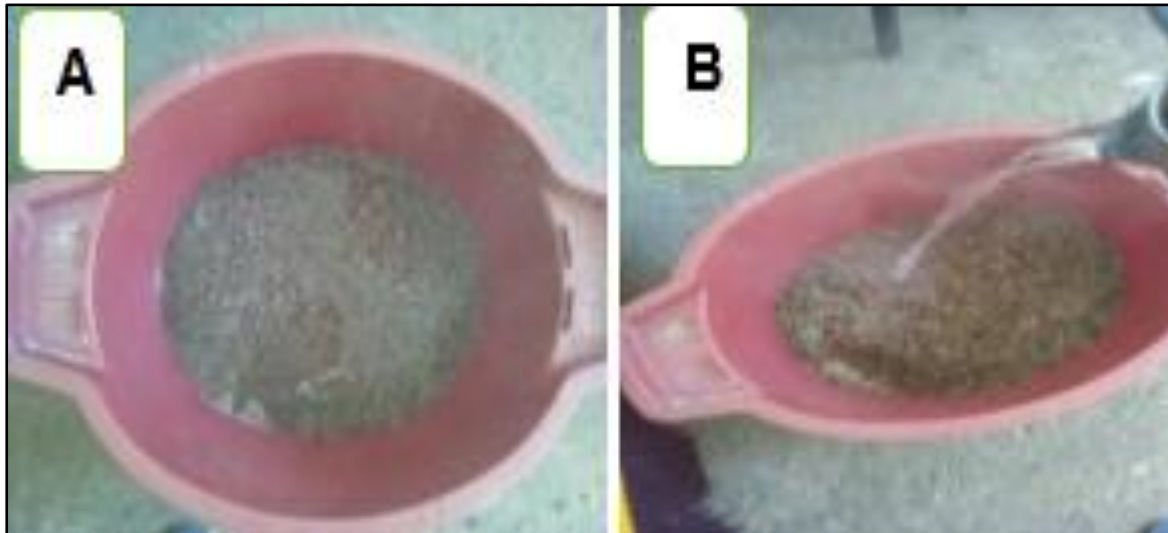
**3.3.2.4. Preparación y tratamiento del sustrato**

En (2 kg) de sustrato, compuesto de arena gruesa (diámetro de grano: 2 mm) de río, fue lavado con agua potable corriente, hasta eliminar sus impurezas y observar un eflujo de agua limpia. Seguidamente, se desinfecto con 4 litros de agua hirviendo, para luego dejarlo reposar hasta enfriar. Posteriormente el sustrato fue tratado con 40 mL de solución de hipoclorito de sodio al 4% (Lejía) por espacio de 2 horas.

Transcurrido este tiempo, el sustrato fue lavado con agua potable hasta no percibir el olor a cloro (Fig. 8) y compartido en 4 tapers, conteniendo orificios en la base para drenar el exceso de agua de riego.

Figura 8.

Principales etapas de la preparación del sustrato: A: Arena de río apropiadamente lavada; B: Desinfección del sustrato con agua hervida.

**3.3.2.5. Almacigado.**

En la superficie del sustrato húmedo contenido en tapers, se construyeron pequeños surcos de aproximadamente 1cm de profundidad, en los cuales se depositaron las semillas de lechuga, a línea continua. Luego de la siembra indirecta (almacigo), la semilla fue cubierta con sustrato y los tapers envueltos con periódico y plástico negro para favorecer la germinación. Pasado los tres días de haber hecho el almacigo, los tapers fueron descubiertos, observándose que al menos el 70% de semillas ya habían emergido, momento preciso para exponer los almácigos a luz solar (Fig. 9).

Figura 9.

Principales etapas del proceso de almacigado de lechuga: A: Trazo de surcos con aproximadamente 1cm de profundidad; B: Siembra de lechuga; C y D: Tapers cubiertos con papel periódico y plástico negro; E: Plántulas de lechuga completamente emergidas con una semana de edad; F: Plántulas de lechuga con dos semanas de edad.



3.3.2.6. Limpieza y desinfección del sistema hidropónico (NFT).

Este proceso (Fig. 10) se realizó tres días antes del trasplante y comprendió:

- Lavado exhaustivo de la parte interna y externa de los tubos PVC, con agua jabonosa y un trapo. Luego de dos lavados, los tubos PVC fueron

enjuagados con agua potable corriente hasta eliminar los residuos de agua jabonosa.

- En los cuatro contenedores de solución nutritiva (uno por repetición), se depositó 20 litros de agua potable y 200mL de hipoclorito de sodio al 4% (Lejía). Acto seguido, se reguló el Timer con el fin de hacer circular la solución desinfectante durante 45 minutos, versus 45 minutos de reposo, por un periodo de 2 días para desinfectar la parte interna de los tubos PVC.
- Transcurrido este tiempo, la solución desinfectante fue extraída del sistema, procediéndose luego a realizar un triple lavado de la tubería, con agua potable.
- Finalmente, los contenedores fueron etiquetados y llenados con la solución nutritiva correspondiente (tratamientos) (Tabla 8).

Tabla 8.

Composición de las soluciones nutritivas de cada tratamiento en estudio.

Tratamiento/ Contenedor	Composición de la solución nutritiva
t₁/Contenedor 1	30 litros de agua + 150 mL solución madre concentrada "A" + 60mL solución madre concentrada "B"
t₂/Contenedor 2	27 litros de agua + 3 litros biol
t₃/Contenedor 3	24 litros de agua + 6 litros biol
t₄/Contenedor 4	18 litros de agua + 12 litros biol

Figura 10.

A y B. Lavado exhaustivo del interior de los tubos con agua jabonosa, C y D. Incorporación de hipoclorito de sodio a los diversos contenedores.



3.3.2.7. Trasplante.

Una semana antes del trasplante se agujereó la base de 168 vasos descartables, de tres onzas de capacidad y prepararon 168 cubos de esponja de 3x3x3cm.

Se realizó el trasplante, labor en la cual se cumplieron las siguientes actividades:

- Extracción de las plántulas a raíz desnuda y enjuague de sus raíces con agua potable corriente.

- Tratamiento del sistema radicular de cada plántula en una solución de peróxido de hidrogeno al 1 % por un periodo de 2 a 3 segundos. Esta misma solución fue utilizada para tratar, por inmersión, a los cubos de esponja y vaso descartable.
- Fijación del sistema radicular de cada plántula en el cubo de esponja y su correspondiente introducción en el vaso descartable el que, posteriormente, fue colocado en la perforación hecha en los tubos PVC, teniendo en cuenta que la raíz toque el fondo del mismo, para asegurar que la raíz sea irrigada por la solución nutritiva que en él circule (Fig. 11).

Figura 11

A: Vasos de 3 onzas agujereados por la base (Canastilla hidropónica); **B:** Cubos de esponja de 3cmx3cmx3cm, con un corte central; **C:** Extracción de plántulas de lechuga a raíz desnuda **D:** Tratamiento del sistema radicular en solución de peróxido de hidrógeno al 1%; **E:** Plántula de lechuga fijada en la esponja-vaso; y, **F.** Traslado de las plántulas al sistema NFT.



3.3.2.8. Riego del almácigo.

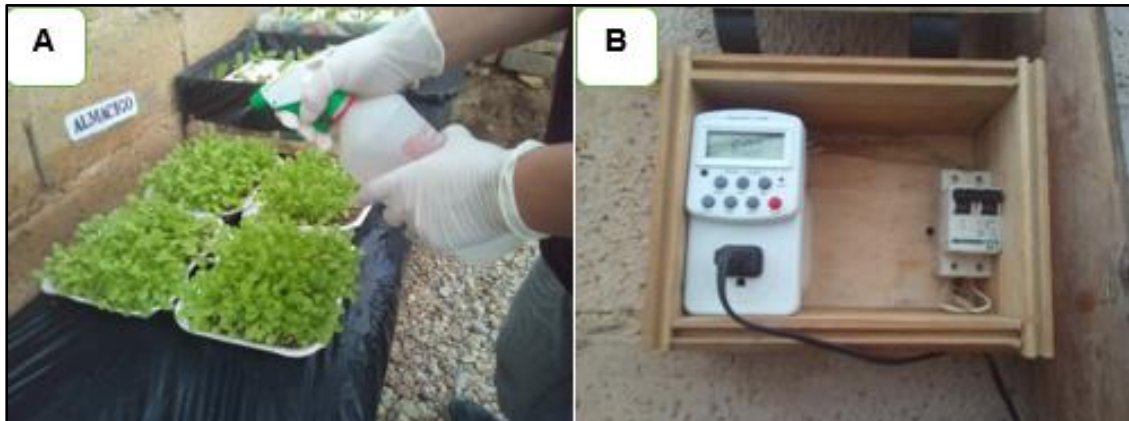
Desde el almacigado de la semilla botánica hasta la extracción de plántulas a raíz desnuda, para su instalación en el sistema hidropónico, se practicó un riego manual con el propósito de mantener húmedo al sustrato. A partir del tercer día de haber realizado la siembra y por los siguientes cinco días, el sustrato fue humedecido con agua potable aplicada con un aspersor manual. Desde el día 6 hasta el trasplante, el sustrato fue humedecido con una solución Hoagland y Arnon (1950), aplicada con un aspersor manual (Fig. 12.A).

3.3.2.9. Riego en el sistema hidropónico NFT.

El riego fue semiautomatizado. El sistema radicular de las plántulas de los diversos tratamientos fue hidratado con las soluciones nutritivas en estudio, las mismas que fueron impulsadas por sus respectivas bombas, éstas fueron reguladas de manera intermitente por un *timer* en dos ciclos de funcionamiento: 45 minutos de trabajo (encendido), seguidos de 45 minutos de reposo (apagado). Cabe mencionar que el sistema hidropónico es un sistema completamente cerrado, y que cada tubo PVC tiene en su interior la mezcla de nutrientes que está junto a las raíces de las plántulas. El periodo de irrigación fue desde el trasplante hasta la cosecha del cultivo (Fig. 12.B).

Figura 12.

A: Riego manual con solución Hoangland y Arnon (1950); B: Timer: artefacto que se encarga de hacer funcionar las bombas que suministran las soluciones irrigando las raíces de las plantas por periodos de 45 minutos encendidos vs 45 minutos apagado.



3.3.2.10. Otras Labores

- Monitoreo del pH de las soluciones nutritivas:** Cada uno de los cuatro contenedores de almacenamiento de las soluciones nutritivas empleadas en la presente investigación, fue objeto de una inspección semanal, con el propósito de mantener su nivel (volumen) original (30 L). Las reducciones de volumen fueron compensadas agregando solución nutritiva de acuerdo a los tratamientos en estudio. Asimismo, este momento fue aprovechado para verificar el valor del pH de cada solución a fin de reajustarlo a un valor comprendido entre 6 y 7 (Método: Universal Test Paper). Se logró determinar que el pH de la solución que nutre el tratamiento 1, estuvo por debajo de 6, se corrigió con hidróxido de sodio 0.1N, hasta ubicarlo en 6; el pH de los demás tratamientos estuvo en el rango establecido. (Fig. 13).

Figura 13

Aplicación del método Universal Test Paper para monitorear el valor del pH de las soluciones nutritivas.



- **Monitoreo de insectos plaga y su prevención:** Se construyeron tres trampas amarillas utilizando una base plástica de color amarillo (40cm x 25 cm), la cual fue superficialmente recubierta con una mezcla de aceite vegetal y melaza (en proporción 1:1). estas trampas fueron colocadas en lugares estratégicos dentro del cobertor y sirvieron como un indicador para determinar la presencia de insectos, los cuales fueron repelidos a través del tratamiento semanal con una mezcla de rocoto; ajo y agua (5 unidades, 20 dientes de ajo y 2litros de agua).

3.3.3. Evaluaciones realizadas.

3.3.3.1. Altura de planta, tamaño de raíz y numero de hojas: Quincenalmente haciendo uso de una regla se mido la altura de planta desde la superficie del tubo hasta el ápice de la hoja más alta. También se midió el tamaño de raíz desde la superficie del vaso hasta la raíz más larga. Por último, se contó el número de hojas de cada planta.

3.3.3.2. Peso fresco: En laboratorio, se separó la parte aprovechable y la raíz (Fig. 26), registrando el peso fresco de raíz y follaje.

Se depositó la raíz y el follaje en recipientes de papel cada uno por separado de acuerdo a los tratamientos. Estas bolsas fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 105 °C, por un periodo de 24 horas.

Las muestras que fueron colocada en la estufa se extrajeron y se volvió a pesar registrando el peso seco.

Se realizó el cálculo del porcentaje de materia seca del follaje utilizando la siguiente fórmula:

$$MS = \left(\frac{\text{PESO SECO}}{\text{PESO FRESCO}} \right) \times 100$$

3.3.3.3. Área foliar: De cada tratamiento se extrajeron dos plantas. Haciendo uso de la técnica destructiva se aislaron todas las hojas con la lámina expandida, de cada una de ellas. En cada conjunto se determinó el número de hojas y se seleccionaron tres: la más grande, una mediana y otra pequeña. Todas ellas fueron disecadas y fotocopiadas en papel milimetrado con el propósito de determinar su área foliar. Finalmente, se calculó el área foliar promedio la cual fue multiplicada por el número de hojas por planta a fin de determinar el área foliar de cada planta.

3.3.3.4. Calidad microbiológica de lechuga: A los dos meses del trasplante, se procedió a extraer aleatoriamente una planta de lechuga por tratamiento y depositarla en una bolsa Ziploc estéril. Las muestras (plantas) fueron convenientemente identificadas y remitidas al laboratorio acreditado por INACAL (NKAP, Laboratorios Ambientales) para el estudio microbiológico respectivo según la norma sanitaria que determina los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano, particularmente en frutas y hortaliza frescas (sin ningún

tratamiento), establecido por el MINSA a través de la Resolución Ministerial N° 591-2023/MINSA

3.3.4. Procesamiento y análisis de los datos.

La data obtenida en las evaluaciones serán ordenadas y clasificadas en una hoja de cálculo Excel. En seguida se agruparán y ordenaran cumpliendo las reglas de los análisis a realizar, Finalmente con la ayuda del infostad programa estadístico se realizará el ANOVA (Análisis de varianza) para establecer si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos. De acuerdo al análisis anterior y si existieran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se realizará una la prueba de rango múltiple de TUKEY. Esto permitirá conocer los cuál de las concentraciones de biol son superiores, por lo tanto, conocer cuál de las concentraciones de biol son las más recomendables para seguir investigando y recomendables para establecer sistemas hidropónicos comerciales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Características físicas, químicas y microbiológicas del biol.

4.1.1. Características físicas.

A la fecha, en Perú, no existe un reglamento que defina los parámetros de calidad física del biol; sin embargo, se considera que el color y olor son importantes indicadores de su calidad física. Así, por ejemplo, los bioles de color azul-violáceo y olor desagradable (podrido) son considerados de mala calidad, mientras que los de color marrón, amarillo, y olor a fermento son los de mejor calidad (EstoEsAgricultura 2018, Restrepo 2007, FONCODES 2014, y Diaz 2017).

Tabla 9.

Características físicas de biol.

	Color verdadero	Color tabla RHS	Olor	Temperatura °C
Biol	4972.1 UC	152 - A Amarillo- verdoso	Fermentado a chicha de jora de maíz	15.9

Figura 14.

Color amarillo-verdoso y presencia de nata blanca en la superficie del biol como indicadores de calidad.



En la presente investigación, el biol producido y utilizado como insumo de soluciones hidropónicas para el cultivo de Lechuga tuvo un color verdadero de 4972.1 UC que indica un alto contenido de compuestos orgánicos diluidos, también se determinó el color amarillo-verdoso, signado con el código 152-A de acuerdo a la Carta de Color RHS (Royal Horticulture Society 1996), y un olor a fermentado alcohólico (chicha de jora de maíz) (Tabla 9). Al respecto, FONCODES (2014) señala que los colores amarillentos y olores parecidos a jugo de caña, corresponden a un biol de buena calidad. Asimismo, Restrepo (2007), afirma que la calidad de los biofertilizantes está determinada por el color y olor, pues mientras más tiempo se añejen estos serán de mejor calidad, así como la producción de vinos. Al destapar el fermentador, un buen biol tiene un olor agradable parecido a alcohol, al menos debe reunir una de las siguientes características: tener la presencia de una nata blanquecina en la superficie, el líquido debe diferenciarse por su color desde un ámbar brillante y traslucido, en la base debe encontrarse algún residuo. En la Fig. 14 se puede observar la formación de la nata blanca que nos indica que el biol en estudio cumple con lo afirmado por Restrepo (2007).

4.1.2. Características químicas.

El biol preparado en la presente investigación, reúne las características químicas necesarias para ser utilizado como insumo de soluciones hidropónicas, pues contiene los principios nutritivos esenciales para un adecuado desarrollo y crecimientos de *L. sativa* (Tabla 10).

Tabla 10.

Características químicas del biol y la solución Hoagland y Arnón (1938), revisada por Arellano, (2005), ampliamente utilizada en hidroponía.

Parámetro	Unidades	Biol	Hoagland
Conductividad a 25 °C	uS/cm	12210	
pH a 25 °C	pH	5.91	
Nitrato (NO ₃)	mg/L	16.97	
Nitrógeno amoniacal	mgN-NH ₃ /L	276	
Nitrógeno (N)	mg/L	-	210
Fosforo (P)	mg/L	162.8	31
Potasio (K)	mg/L	2997	235
Calcio (Ca)	mg/L	836.5	200
Magnesio (Mg)	mg/L	170.2	48.6
Sulfato (SO ₄)	mg/L	244.5	64
Azufre (S)	mg/L	-	64
Cloro (Cl)	mg/L	-	0.65
Hierro (Fe)	mg/L	66.76	2.9
Boro (B)	mg/L	0.74	0.5
Zinc (Zn)	mg/L	2.588	0.05
Nickel (Ni)	mg/L	0.016	-.-.-
Cobre (Cu),	mg/L	0.086	0.02
Manganeso (Mn)	mg/L	3.764	0.5
Molibdeno (Mo)	mg/L	-	0.05
Sodio (Na)	mg/L	124.8	1.2

El contenido nutricional del biol comparado con la solución Hoagland y Arnón (1938), revisada por Arellano, (2005), una de las soluciones nutritivas de mayor uso en hidroponía de plantas de baja demanda nutricional como es el caso de la lechuga, donde incluso se recomienda diluirla a 1/4 o 1/5 de su concentración original, evidencia que el biol es un sub producto de extraordinaria riqueza nutricional.

El análisis químico realizado por el laboratorio regional del agua del gobierno regional de Cajamarca, muestra que el biol supera a la solución Hoagland y Arnón (1950) en 82.97 ppm de nitrógeno total; 131.8 ppm de P; 2 761.5 ppm de K; 636.5 ppm de Ca; 121.6 ppm de Mg; 180.5 de SO₄; 63.86 ppm de Fe; 0.24 ppm de B; 2.538 ppm de Zn; 0.066 ppm de Cu, 3.264 ppm de Mn y 123.6 ppm de Na. Por tanto, es justificable su dilución antes de ser utilizado como insumo para la preparación de soluciones hidropónicas.

Bioles de mayor riqueza de N, P y K, fueron obtenidos por Incio (2019) y aplicados a los 18 días del trasplante, por vía radicular (rededor de la planta) en dosis de 50 ml, 100 ml, 150 ml, y 200 ml, al cultivo de *Lechuga* variedad White Boston en Cajamarca, concluyéndose que la mejor dosis para estimular el rendimiento fue de 150ml. Restrepo (2007), recomienda de tres a seis aplicaciones foliares en dosis diluidas (3% al 7%). Se deduce entonces que, cualquiera sea la modalidad de uso, el biol siempre debe diluirse antes de su aplicación a los cultivos.

4.1.3. Características Microbiológicas.

Al iniciar la presente investigación asumimos que, la mezcla de constituyentes (Tabla 4) y la forma de preparar el biol (fermentación anaeróbica), no garantizan su inocuidad, pues el riesgo de albergar a microorganismos termotolerantes y otros que atentan contra la calidad de las plantas que con él se cultiven, es latente. En efecto, el análisis microbiológico obtenido (Tabla 11), muestran que el biol registró 3.5 y 2.4 veces más coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, respectivamente, que los

límites de tolerancia de aguas para riego no restringido para vegetales (Tabla 12), muestran un inconveniente para su uso como agua de riego, pues los contaminantes podrían alterar la calidad del producto, excepto si se lo somete a un tratamiento de esterilización.

Tabla 11.

Características microbiológicas del biol.

Parámetro	Unidades	biol
Coliformes Totales	NMP/100ml	92 * 10 ³
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	35 * 10 ²
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	24 * 10 ²
Formas Parasitarias	N° Org/L	< 1

Tabla 12.

Características microbiológicos y parasitológicos de aguas de riego vegetal y agua de animales, determinados por los estándares de calidad ambiental.

Parámetro	Unidades	D1: riego de vegetales		D2: bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1000	**	**
Huevo de Helminos	Huevos /L	1	1	**

***significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.*

Fuente: Decreto supremo N°004-2017-MINAM-Perú.

Sobre el particular, Valencia (1995) indaga que el contagio de los alimentos por agentes microbiológicos es una dificultad de salud pública a nivel mundial. Hoy en

día, la gran mayoría de estados han determinado un aumento en la aparición de enfermedades a causa de microorganismos en los alimentos, principalmente de agentes patógenos como *Salmonella* o *E. coli* enterohemorrágica, parásitos como *Cryptosporidium* o los trematodos. Por lo tanto, frente a este inminente riesgo de contaminación microbiológica, el biol, previo a su uso como insumo de soluciones hidropónicas debe ser pasar por un proceso de esterilización húmeda.

4.2. Concentración óptima de biol como insumo de solución hidropónica para el cultivo de lechuga.

La Universidad Nacional Agraria La Molina (1990), a través de su Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral afirma que: las plantas deben nutrirse adecuadamente para crecer y desarrollarse fuera del suelo, pues la Solución la Molina puede ser utilizada en sistemas NFT y sistemas hidropónicos con sustratos.

Para el logro de nuestros objetivos, esta solución, ha sido nutricionalmente comparada con el biol puro y diluido al 10, 20 y 40% (Tabla 13), encontrándose que esta solución es nutricionalmente más pobre que el biol puro, en lo que respecta a macro y micro nutrientes, excepto en Cu y Mo. También se puede observar que el biol diluido al 10% resultó ser nutricionalmente deficiente a la solución La Molina, excepto en el contenido de K, Fe y Zn, lo que anticipa que esta solución no sería recomendable para cultivos hidropónicos, salvo que sea enriquecida con insumos externos. Asimismo, el biol diluido al 20%, fue nutricionalmente superior a la solución hidropónica La Molina, pues mostró concentraciones superiores de K, Ca, Fe, Mn y Zn, pero inferiores en los demás elementos. Estos desbalances nutricionales lo hacen objeto de reajustes previo a su uso como solución hidropónica. Finalmente, el biol diluido al 40% supera la riqueza nutricional de la solución La Molina. De lo expuesto se deduce que a través de diluciones del biol, es posible obtener una solución

hidropónica de composición semejante a la solución hidropónica La Molina. Este rango de dilución estaría ubicado entre el 20 y 40 % de la concentración del biol puro.

Tabla 13.

Concentración de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas (tratamientos) en estudio.

Tratamientos	Macronutrientes (ppm)						Micronutrientes (ppm)					
	K	N	Ca	S	Mg	P	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
Solución												
hidropónica	210	190	150	70	45	35	1	0.5	0.5	0.15	0.1	0.05
La Molina												
Biol	2996.5	292.97	836.5	81.4	170.2	162.8	66.76	3.76	0.74	2.58	0.086	-
Biol al 10%	299.65	29.297	83.65	8.14	17.02	16.28	6.676	0.38	0.07	0.26	0.009	-
Biol al 20%	599.3	58.594	167.3	16.28	34.04	32.56	13.34	0.74	0.15	0.52	0.016	-
Biol al 40%	1198.6	117.188	334.6	32.56	68.08	65.12	26.68	1.48	0.29	1.03	0.032	-

4.3. Efectos diferenciales del biol para las variables (altura de planta, tamaño de raíz, número de hojas, peso fresco, materia seca y área foliar), calidad de lechuga en comparación con la solución hidropónica comercializada por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

4.3.1. Altura de planta.

El análisis de varianza (ANOVA) para los tratamientos en la altura de planta de (Tabla 14), nos indica que hay diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, debido a que las F calculadas superan a las F tabulares en los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidades respectivamente.

El coeficiente de variabilidad (CV= 6.43%) muestra e indica que la conducción del experimento es adecuada por lo tanto los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 14.

ANOVA para los tratamientos en estudio en la altura promedio de las plantas de lechuga. Datos registrados a los dos meses del trasplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	26.81	8.94	6.46**	3.59	6.22
Error	8	11.07	1.38			
Total	11	37.89				

= Alta significación estadística al 99% **CV= 6.43%

En efecto, Tukey, al 5 % de Probabilidad (Tabla 15), indica que los tratamientos 1, 4 y 3, compuestos por la Solución hidropónica la Molina (t₁), Biol al 40% (t₄) y Biol al 20 % de concentración (t₃), con medias de 19.85, 19.54 y 17.69 cm, respectivamente, son estadísticamente iguales y superiores al t₂ (Biol al 10%). Por tanto, la solución hidropónica La Molina puede ser exitosamente reemplazada por otras formuladas a partir del biol, siendo las más recomendables aquellas donde el biol participe en un 20%, por ser las de menor costo.

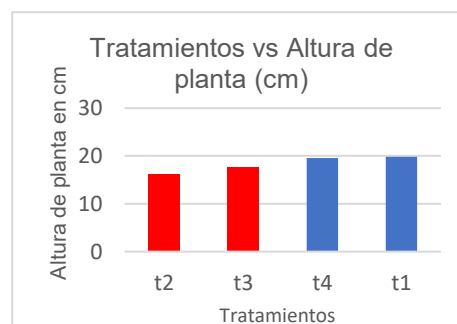
Tabla 15.

Comparación de medias para la variable altura de planta (cm) bajo diferentes tratamientos.

Tratamientos	Medias (cm)	Significación al 5%	
t ₁	19.85	A	
t ₄	19.54	A	
t ₃	17.69	A	B
t ₂	16.15	B	

Figura 15.

Comportamiento de la altura de la planta (cm) frente a los tratamientos evaluados



Dentro de las concentraciones probadas, se afirma: a mayor concentración de biol (40%), la planta crece más, observación que coincide con las reportadas por Pomboza- Tamaquiza Pablo, Leon – Gordon Olguer Alfredo, Villacis- Aldaz Luis Alfredo , Vega Jorge y Aldaz Jarrin Carlos, 2016 en su trabajo denominado “Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa* variedad Iceberg” quienes evaluaron distintas disoluciones de biol (2%,4% y 6%) con una frecuencia de aplicación de 8 y 15 días, afirmando que los mejores resultados obtenidos fueron con biol al 6%, con frecuencias de 8 y 15 días de aplicación. Dicho tratamiento mostró la mayor altura de planta con medias promedio de 10.09cm y 15.87cm respectivamente.

A si mismo Mendoza (2015), indago el “Efecto de tres soluciones nutritivas (Solución nutritiva FAO, Solución hidropónica la Molina y solución hidropónica de la Universidad Nacional de Trujillo) en el rendimiento de lechuga. Var. Capitata cv. White Boston en sistema sin suelo en la ciudad de Santiago de Chuco, La Libertad”, reporta que la mayor altura promedio de planta fue determinada por la solución hidropónica la Molina con un valor de 29.17 cm resultados que coinciden con la presente investigación, siendo la solución hidropónica la Molina la que proporcionó los mejores resultados.

4.3.2. Tamaño de Raíz.

Las medias de las concentraciones de biol estudiados mostraron diferencias estadísticas altamente significativas, en lo que respecta a sus efectos sobre el tamaño promedio de la raíz mayor por planta (Tabla 16). Estos efectos diferenciados, fueron discriminados por Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 17), la cual evidencia que las concentraciones compuestas por las soluciones de biol al 40% (t_4), biol al 20% (t_3) y biol al 10 % (t_2) con medias de 32.77, 32.22 y 31.53 cm de longitud de raíz mayor, respectivamente, son estadísticamente iguales y a la vez superiores a la solución hidropónica La Molina (t_1), en la cual se formaron plantas de lechuga con una longitud promedio de raíz mayor de 22.91 cm.

El coeficiente de variabilidad (CV= 9.32%) indica la inestabilidad del material experimental para la variable evaluada.

Tabla 16.

ANOVA para la longitud promedio de la raíz mayor bajo cuatro tratamientos. Datos registrados a los dos meses del trasplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	195.39	65.13	8.41**	3.59	6.22
Error	8	61.98	7.75			
Total	11	257.37				

= Alta significación estadística al 99% **CV= 9.3

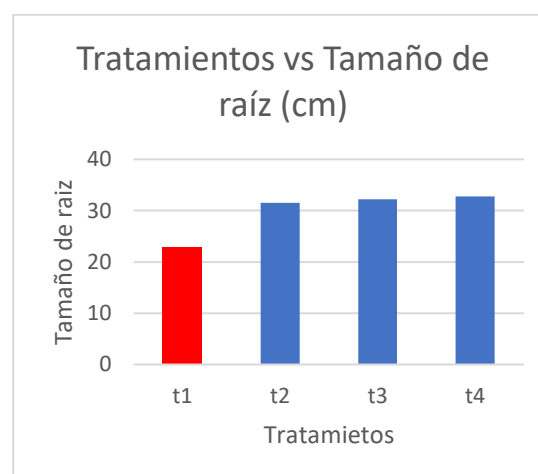
Tabla 17.

Comparación de medias para la variable longitud de raíz (cm) bajo diferentes tratamientos.

Tratamientos	Medidas (cm)	Significación al 5%
t ₄	32.77	A
t ₃	32.22	A
t ₂	31.53	A
t ₁	22.91	B

Figura 16.

Representación gráfica del comportamiento de la longitud de raíz frente a los 4 tratamientos.



Cardeña Curo (2012), en su investigación “efecto de tres tipos de biol en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Geat Lakes)”, encontró que la mayor longitud promedio de raíz (17.94 cm) fue producida en cultivos instalados con una densidad

de siembra de 0.30 m entre planta y tratados con biol tipo 3 (33% estiércol de vacuno + 33% biol reciclado + 33% de agua). muestran resultados inferiores a los alcanzados en el presente trabajo, diferencias que probablemente deriven de los sistemas de cultivo utilizadas en ambas investigaciones, pues en el primer caso la lechuga fue sembrada en campo y en el nuestro, se utilizó sistema hidropónico.

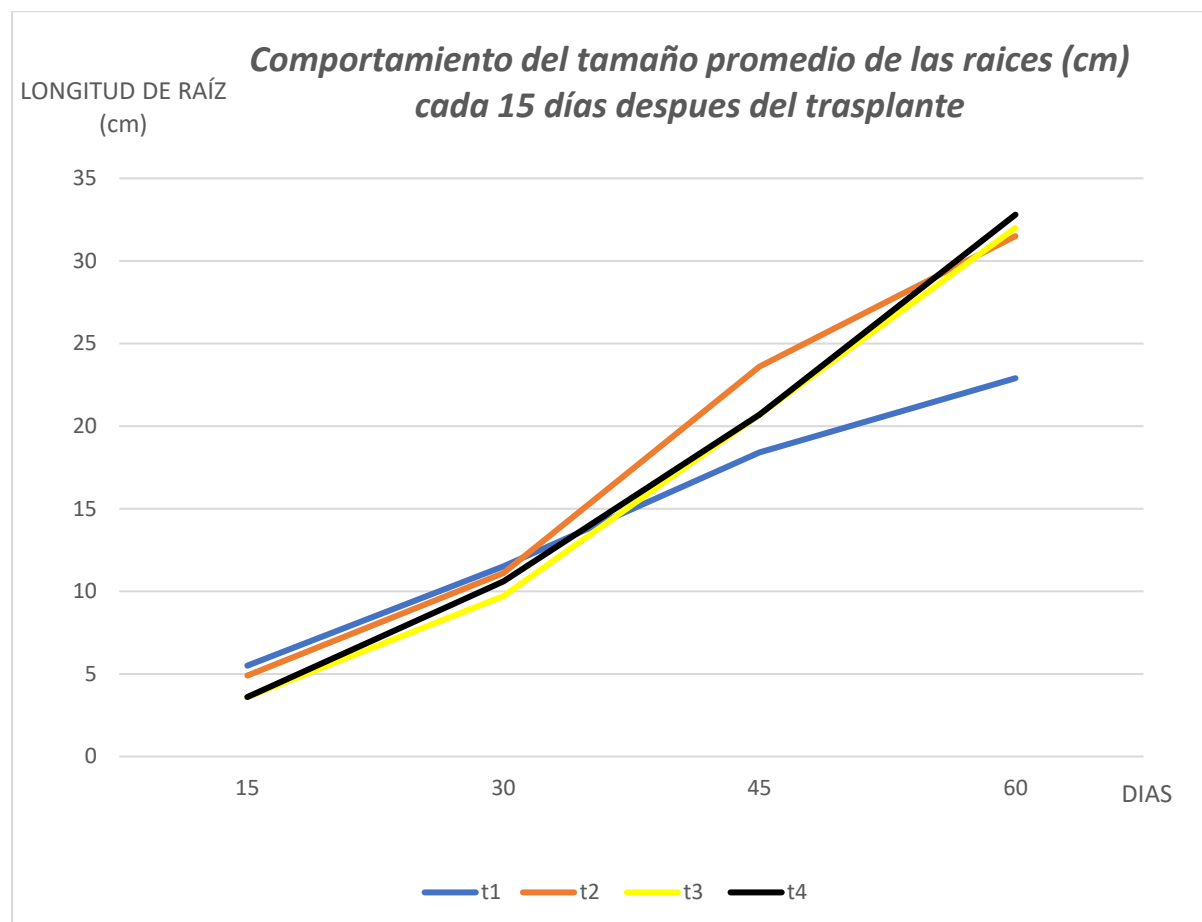
Pinares (2010), después de realizar el cultivo de lechuga hidropónica, variedad White Boston, en tubos PVC de 4", obtuvo plantas con 38.05 cm de longitud de raíz, cuando éstas fueron tratadas con la solución la Molina (7ml / litro de agua). Esta longitud de raíz supera en aproximadamente 5 cm a la reportada en el presente estudio (32.77 cm de longitud promedio), en plantas crecidas bajo el efecto del Biol al 40%, en tubos PVC de 3". Asumimos que la menor longitud promedio de raíz de nuestras plantas obedece al menor espacio disponible para su crecimiento y desarrollo, pues hemos empleado tubos de 3".

Remarcamos que, en el presente estudio, la dinámica del crecimiento de los sistemas radiculares tuvo notorias diferencias en función al tratamiento (Fig. 17). Se observó que, hasta los 30 días del trasplante, el crecimiento de raíces fue ascendente y progresivo para los cuatro tratamientos, con ligero efecto predominante de la solución La Molina. A partir del día 31 del trasplante, la tasa de crecimiento de los sistemas radiculares de las plantas tratadas con biol fue superior a la registrada en plantas crecidas con la solución la Molina. Es posible que estas diferencias deriven de la naturaleza orgánica del biol, el cual conforme transcurre el tiempo, pone a disposición de las plantas más principios nutritivos para su crecimiento y desarrollo.

Figura 17.

Efecto del tratamiento en la longitud del sistema radicular de las plantas de lechuga.

Datos registrados quincenalmente a partir del trasplante.



4.3.3. Numero de hojas.

El ANOVA para el efecto de los tratamientos en el número promedio de hojas por planta (Tabla 18), indica que existe alta significación estadística, puesto que los valores de F calculada supera a la F tabular, en los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad. Esto muestra que las medias de los tratamientos evaluados difieren uno del otro.

El coeficiente de variabilidad (CV= 4%) es adecuada, pues muestra que la conducción del experimento fue el adecuado por lo tanto los resultados obtenidos son confiables.

Tabla 18.

ANOVA para el efecto de los tratamientos en estudio en el número promedio de hojas por planta. Datos registrados a los dos meses del trasplante y transformados con $Y=\sqrt{X}$.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	0.82	0.27	7.52**	3.59	6.22
Error	8	0.29	0.04			
Total	11	1.11				

**= Alta significación estadística al 99%

CV= 4%

Tukey, al 5 % de Probabilidad (Tabla 19), señala que las disoluciones compuestas por las soluciones de biol al 40% (t_4), biol al 20 % (t_3) y biol al 10% (t_2), con medias de 4.57, 4.60 y 4.67 hojas por planta, son estadísticamente iguales entre sí, pero inferiores a los obtenidos con la solución hidropónica La Molina (t_1) (5.21 hojas por planta).

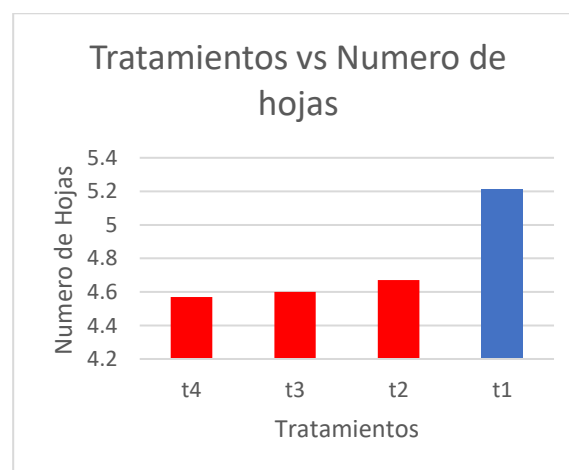
Tabla 19.

Prueba de comparación de medias para la variable número promedio de hojas por planta al 5% de significancia.

Tratamientos	Medias	Significación al 5%
t_1	5.21	A
t_2	4.67	B
t_3	4.6	B
t_4	4.57	B

Figura 18.

Numero de hojas alcanzado por cada tratamiento experimental



Según Grazia et al., (2001), el crecimiento de la lechuga está en función de la radiación, la temperatura y la fertilización nitrogenada, en consecuencia, el número de hojas y aumento en peso seco es limitado. Al respecto se deduce que la solución nutritiva La Molina indujo la formación de un mayor número de hojas frente a los tratamientos a base de biol (t_2 , t_3 y t_4), lo que probablemente está asociado al mayor contenido de nitrógeno (Tabla 13).

Rogel Vidal Milton Isaías (2018), evaluó la respuesta de tres variedades de lechuga (Romana, Green salad bowl y red salad bowl) a cuatro soluciones nutritivas (Biol, te de estiércol, te de lombricompost y solución La Molina), bajo condiciones hidropónicas en invernadero y determinó que los mejores resultados fueron obtenidos con la solución La Molina para la variedad Romana, con un número promedio de hojas de 18.8. Asimismo, Rodríguez (2015), manifiesta que el mayor número de hojas por planta fue obtenido con la solución FAO precedida por la solución la Molina.

4.3.4. Peso fresco de la parte aprovechable (hojas).

Las concentraciones de biol en estudio tienen un efecto estadístico altamente significativo y diferente en el peso fresco promedio de la biomasa aérea o parte aprovechable de la lechuga (Tabla 20).

El valor del coeficiente de variabilidad (CV= 5.53%) es aceptable pues muestra que el experimento fue conducido adecuadamente y los resultados obtenidos son fiables

Tabla 20.

ANOVA para la variable peso fresco de la parte aprovechable (hojas) de la lechuga frente a los tratamientos en estudio. Datos registrados a los dos meses del trasplante.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	2153.08	717.69	104.97**	3.59	6.22
Error	8	54.7	6.84			
Total	11	2207.78				

= Alta significación estadística al 99% **CV= 5.53%

La prueba de rango múltiple de Tukey, al 5 % de Probabilidad (Tabla 21) nos muestra que los tratamientos t_1 (Solución hidropónica la Molina) y t_4 (Biol al 40 %), con medias de 61.85 g. y 59.33 g., son estadísticamente iguales y superiores a los tratamientos t_3 (Biol al 20%) y t_2 (Biol al 10%), los que a su vez son estadísticamente iguales entre sí.

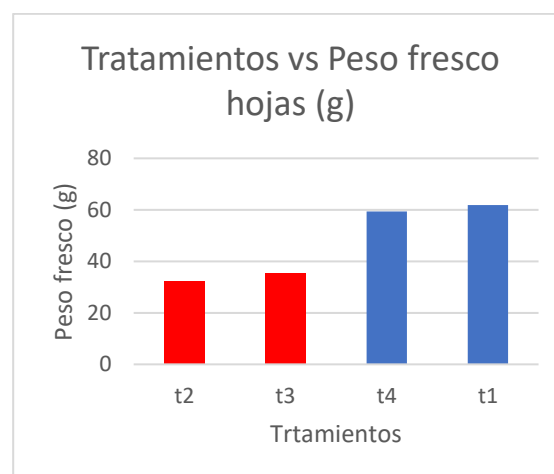
Tabla 21.

Rendimiento en biomasa fresca (hojas en g.) y significancia estadística al 5%.

Tratamientos	Medias (g)	Significación al 5%
t_1	61.85	A
t_4	59.33	A
t_3	35.38	B
t_2	32.49	B

Figura 19.

Peso fresco de la biomasa (g), según la aplicación de los tratamientos.



Nuestros resultados difieren de los reportados por Cando y Malca (2015), quienes después de investigar la influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de lechuga, cultivada en sistemas hidropónicos, concluyen que los rendimientos mayores fueron obtenidos con el tratamiento t_1 , compuesto de 500cc de biol diluido en 16 litros de agua (biol al 3.125%), obteniendo como rendimiento promedio por planta de 143.80 g. Una posible explicación de esta diferencia se relaciona con las diferentes características físico químicas de biol empleado en ambas investigaciones, así como con el diferente tamaño de vaso utilizado como contenedor de las plantas, ya que Cando y Malca utilizaron vasos de 6 onzas mientras que nosotros utilizamos vasos de 3 onzas dicho tamaño de vaso favorece en el desarrollo de dicho vegetal en estudio. Sin embargo, Rogel Vidal Milton Isaias (2018), en su estudio “respuesta de tres variedades de lechuga a cuatro soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas en invernadero” manifiesta que se puede lograr producir 36 lechugas/m² quien reporta resultados estadísticamente iguales para las variedades Red salad, Green salad y Romana con biol (2 litros diluido en 20 litros de agua) obteniendo 2.38 kg/m², 2.37 kg/m² y 2.36 kg/m² respectivamente, siendo comparadas con la presente investigación se obtuvo resultados semejantes para la variedad Dark Green Boston con solución hidropónica la molina y biol al 40% con un rendimiento promedio de 2.23 kg/m² y 2.14 kg/m². Dichas diferencias probablemente se debieron a las condiciones climáticas, concentraciones de nutrientes, y sobre todo la variedad utilizada en dichas investigaciones.

4.3.5. Materia seca de la parte aprovechable (hojas).

El ANOVA para el efecto de los tratamientos para la variable materia seca de la parte aprovechable de la lechuga (Tabla 22), nos indica que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, puesto que la F calculada supera a la F tabular para los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidades, respectivamente.

El valor del coeficiente de variabilidad (CV= 3.16%) nos indica que el experimento fue desarrollado adecuadamente y los resultados obtenidos son fiables.

Tabla 22.

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) y prueba de F para los tratamientos en estudio. Datos registrados a los dos meses del trasplante y transformados con $Y=\sqrt{X}$.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	0.37	0.12	23.32**	3.59	6.22
Error	8	0.04	0.01			
Total	11	0.41				

= Alta significación estadística al 99% **CV= 3.16 %

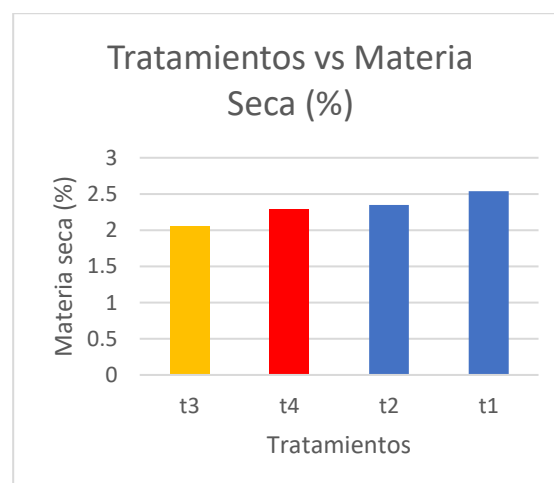
Tabla 23.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la materia seca de la parte aérea según los tratamientos evaluados

Tratamientos	Medias	Significación al 5%	
t ₁	2.54	A	
t ₂	2.35	A	B
t ₄	2.28		B
t ₃	2.05		C

Figura 20.

Porcentaje de materia seca de la parte aérea obtenido en los diferentes tratamientos en estudio.



Tukey al 5 % de Probabilidad (Tabla 23) señala que el tratamiento t_1 (Solución hidropónica La Molina) y t_2 (biol al 10%), con 2.54% y 2.35% de MS, son idénticos estadísticamente y mayores a los demás tratamientos, valores que distan de lo mencionado por Alzate y Loaiza (2010), quienes sostienen que el porcentaje de agua y materia seca en las plantas de lechuga es alrededor de 94 y 6% respectivamente. Además, el contenido de materia seca de las plantas de lechuga, en el siguiente trabajo, son ligeramente inferiores a los obtenidos por Gutiérrez (2014), citado por Ricardo Morales (2019), quien después de evaluar plantas de lechuga var. Crispa, en sistema sin suelo (raíz flotante), obtuvo valores de 3.85% de materia seca foliar. A su vez Mendoza (2017), reportó 4.8 % de materia seca para plantas de lechuga Green Leaf crecidas bajo el sistema hidropónico NFT. Es probable que estas diferencias deriven de las distintas variedades, sistemas hidropónicos y condiciones de trabajo bajo las cuales se desarrollaron las investigaciones.

4.3.6. Área foliar.

Los tratamientos en estudio tienen un efecto estadísticamente diferente y altamente significativo en el área foliar promedio por planta (Tabla 24). El CV= 18 % evidencia la diversidad de la muestra.

Tabla 24.

Análisis de varianza (ANOVA) y prueba de F para el efecto de los tratamientos en estudio en el área foliar de la planta.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado	F Tabular	
					0.05	0.01
Tratamiento	3	3365588.35	1121862.78	11.81**	3.59	6.22
Error	8	759792.23	94974.03			
Total	11	4125380.58				

= Alta significación estadística al 99% **CV= 18 %

La prueba de rango múltiple de Tukey, al 5 % de Probabilidad (Tabla 25) señala que los tratamientos t_1 (Solución hidropónica la molina) y t_4 (Biol al 40%) con medias 2436.67 cm^2 y 1965.56 cm^2 de área foliar promedio por planta, tienen un efecto estadísticamente semejante y a la vez superiores a los demás.

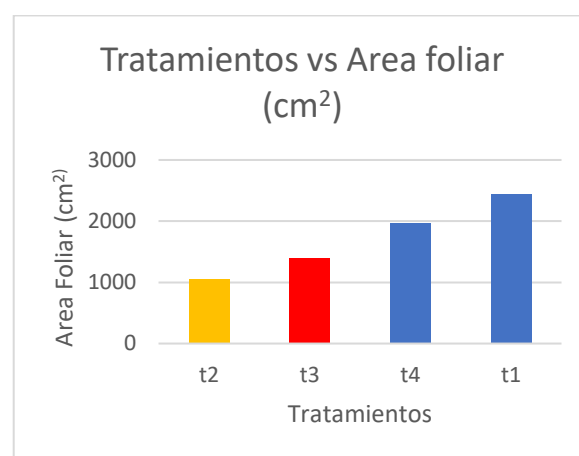
Tabla 25.

Prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para el área foliar según los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Medias	Significación al 5%		
t_1	2436.67	A		
t_4	1965.56	A	B	
t_3	1391.11		B	C
t_2	1056.67			C

Figura 21.

Área foliar promedio, obtenidos con los diferentes tratamientos estudiados.



Martines y Carces (2010), en su estudio del incremento y obtención de lechuga (*Lactuca sativa* variedad Romana) bajo diferentes concentraciones de potasio (0, 59, 117, 180 y 360 mg/L), sostiene que elevados niveles de potasio (180 y 360 mg/L) se relacionaron con los mayores valores de área foliar, tendencia que es comprobada por la presente investigación. Al respecto Neumann (1997), citado por Martines y Carces (2010), afirma que el crecimiento de las hojas depende del desarrollo de las células jóvenes, a consecuencia de la división celular de los tejidos meristemáticos; por lo tanto, el bajo nivel de nutrientes, afecta al desarrollo foliar, pues bloque el desarrollo y expansión de las hojas. Barker y Pilbeaan (2007), observó que un alto contenido de potasio en las hojas favorecer el aprovechamiento de CO_2 y reduce la respiración, en consecuencia, permite la expansión foliar de las plantas de Lechuga.

4.3.7. Calidad microbiológica de la lechuga.

La Tabla 26, muestra los resultados de calidad microbiológica de las plantas de lechuga crecidas bajo la acción de los tratamientos en estudiados. Por lo tanto, las plantas de todos los tratamientos mostraron ausencia de *Salmonella* spp y un NMP de *E coli* por gramo de parte aprovechable inferior a 1.8, valor que es muy inferior al Límite Mínimo (m) establecido por la Norma Sanitaria de criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, respaldada por la Resolución ministerial N°591-2008 – MINSAs- 27/06/2008 (Tabla 27), lo que quiere decir que todos los tratamientos en estudio impulsaron el crecimiento de plantas de lechuga con buena calidad microbiológica.

Tabla 26.

Análisis microbiológico de la parte aprovechable de lechuga.

Parámetro	símbolo	Unidad	Tratamientos			
			t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
<i>Escherichia coli</i>		NMP/g	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8
<i>Salmonella sp.</i>		Ausencia / 25 g	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla 27.

Límites máximos y mínimos permisibles para frutos y hortalizas de hoja sin ningún tratamiento.

Agente microbiano	Categoría	clase	n	c	Limite por g	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	102	103
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia / 25 g

Fuente: Resolución ministerial N°591-2008 – MINSAs- 27/06/2008.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES.

Se concluye que el uso del biol como insumo de una solución nutritiva es una alternativa viable para la producción hidropónica de lechuga, siempre que se empleen concentraciones adecuadas que permitan mantener el equilibrio nutricional requerido por el cultivo. Estos hallazgos evidencian el potencial del biol como insumo orgánico que puede contribuir al desarrollo de sistemas de producción sostenible.

- El biol presentó características físicas, químicas y microbiológicas adecuadas para su uso en sistemas hidropónicos. El biofertilizante mostró un color amarillo-verdoso, olor agradable producto de una fermentación anaeróbica eficiente, pH 5.91 moderadamente ácido, y una conductividad eléctrica elevada de 12210 uS/cm, además es un compuesto fuertemente enriquecido pues contiene gran cantidad de macro y micronutrientes suficientes, una carga microbiológica tolerante. Lo que confirma su potencial uso en el cultivo hidropónico de lechuga.
- El uso del biol al 40 % utilizado como solución nutritiva para el cultivo hidropónico de lechuga, permitió un adecuado desarrollo vegetativo, una eficiente absorción de nutrientes y un comportamiento agronómico mayor en comparación con las concentraciones de 10 % y 20 % de biol, para las variables: altura de planta, tamaño de raíz, peso fresco y área foliar.
- El biol al 40% de concentración de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) y prueba de (Tukey) en comparación con la solución comercializada por la Universidad Agraria la Molina sobre la calidad y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.var Dark Green Boston), presentó efectos similares y estadísticamente equivalentes para las variables: altura de planta, peso fresco de parte aprovechable y área foliar. Así mismo, la calidad microbiológica de la

lechuga obtenida fue adecuada en todos los tratamientos, demostrando que el biol puede remplazar a la solución comercializada por la Universidad Agraria la Molina.

5.2. RECOMENDACIONES.

Se recomienda promover la agrotecnología sostenible (Hidroponía), en la región Cajamarca, a fin de cuidar el uso del recurso hídrico, orientado a la agricultura orgánica, usando el biol como solución hidropónica para el cultivo de lechuga a base de insumos locales (estiércol, residuos vegetales, melaza o panela, ceniza y subproductos agropecuarios), debido a su alta disponibilidad, fácil acceso y bajo costo para los pequeños y medianos productores, contribuyendo a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Se recomienda a los investigadores realizar trabajos, sobre el comportamiento del biol bajo sistemas hidropónicos en la región Cajamarca, puesto a que es una alternativa sostenible. Pues garantiza producir alimentos de mayor calidad, rendimiento y rentabilidad.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

Aguirre Tapullima G. E. (2024). Técnica hidropónica y convencional en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. en Loreto 2022. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de La Amazonía Peruana.

Altieri, M. A. (2018). Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial CLADES.

Arellano, R. (2005). El cultivo de lechuga 12 (*Lactuca sativa*). Costa Rica: Proyecto de modernización de los servicios de tecnología agrícola PROMOSTA.

Barrios, N. (2004). Evaluación del cultivo de la lechuga, *Lactuca Sativa* L. bajo condiciones hidropónicas en Pachali, San Juan Sacatepequez, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, 16-18.

Basantes, E. (2009). Elaboración y aplicación de dos tipos de biol en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Legacy). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 11-21.

Bejar Hinojosa F. (2023). Riego hidropónico con el uso de biol en condiciones de invernadero, Allpachaca - Chiara - Ayacucho, 2022. Ayacucho-Perú. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.

Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). Cultivo en hidroponía. Buenos Aires - Argentina: Edulp.

Biosphere. (2022). Biol. Scielo, 5(1), 15-28. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-

- Bocanegra, O. (2014). Influencia de tres dosis crecientes de biofertilizante biol en la producción lechuga (*Lactuca sativa L.*) var Great Lakes 659 en condiciones del Valle Santa Catalina – La Libertad. Universidad Privada Antenor Orrego, 19- 36.
- Cando, S., & Malca, L. (2015). Influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rrimiento9 de lechuga (*Lactuca sativa L*) cultivadas en sistemas hidropónico. Revista de Investigación científica, Manglar, 12(2), 31-38.
- Chambi Alarcon M. S. (2022). Producción hidropónica utilizando abono líquido – biol, en cultivos de acelga, repollo y lechuga en condiciones de invernadero. Puno – Perú. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Claure, C. (1992). Manejo de efluentes. Proyectos biogás. Cochabamba - Bolivia: UMMS.
- Condori, E., & Vilca, D. (1995). Botánica sistemática II. Puno - Perú.: MIJOLEV COPY.
- Condori, P., Loza, M., Sainz, H., Guzmán, J., Mamani, F., Marza, F., & Gutiérrez, D. (2017). Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa. Journal of the Selva Andina.
- Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. (2017). Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua. Lima - Perú.
- Espinoza, G. (1987). Composición del Biol en base a estiércoles y algas. Arequipa - Perú: ESTOESAGRICULTURA. Obtenido de <https://estoesagricultura.com/como-hacer-biol/>
- FAO (2021). Los 10 elementos de la Agroecología. America latina.
- FAO. (2003). Hidroponía simplificada, cartillas de capacitación. (1-4, Ed.) América latina y el Caribe.

FONAG. (2010). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana.

Obtenido de http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.

FONCODES. (2014). Producción y usos de abonos orgánicos: biol, compost y humus.

Obtenido de <https://studylib.es/doc/6141335/biol--compost-y-humus>

Gliessman, S. R. (2018). Agroecología: La ecología de los sistemas alimentarios sostenibles. CRC Press.

González, M. (2014). Cultivo de Lechuga *Lactuca sativa*. Obtenido de

<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/08/Lechuga-Quilamapu.pdf>

González V., Samudio A., Nakayama Héctor y Ortiz R. (2025) Sostenibilidad en la producción de lechuga *Lactuca sativa* L. con biol de gallinaza en sistema hidropónico. Acta Biol. Venez., 45(1) p: 299-311. Caracas, Venezuela.

Gutierrez, J. (2011). Producción de lechuga hidropónica con y sin recirculación de solución nutritiva. Mexico. Universidad Autónoma Chapingo.

Hernández, J. (2014). Índices de Cosecha. Obtenido de

<http://es.slideshare.net/jeannethhernandez/indices-de-cosecha>

Incio, P. (2019). Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad white Boston en Cajamarca. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

INFOAGRO. (2002). El cultivo de lechuga. Obtenido de

<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Japon, J. (1977). La lechuga.

Kader, A. (1978). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas (Tercera ed.).

Carolina - USA: UC Peer Reviewed.

- Lara, A. (1998). Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas del jitomate. México: Texcoco.
- Lara, A. (2000). Nutrient Solution Management in the Hydroponic Production of Tomato. Zacatecas - México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Llanos, P. (2001). La solución nutritiva, nutrientes comerciales, formulas completas. Obtenido de <http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>
- Maroto, B. (2000). Botánica (taxonomía y fisiología) y adaptabilidad. In: La lechuga y la escarola. Madrid, España: Mundi Prensa S. A.
- Martines, M., & Carces, V. (2010). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca Sativa L var. Romana*) bajo diferentes niveles de potasio. Revista Colombiana de ciencias Hortícolas, 4(2), 185-198.
- Marulanda, C. (2003). La huerta hidropónica popular: Manual Técnico (Tercera ed.). Santiago - Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Mendoza, I. (2015). Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de *Lactuca sativa L. Var. Capitata cv. White Boston* en sistema hidropónico en Santiago de Chuco, La Libertad. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Ministerio de Salud. (2023). Resolución Ministerial N° 591-2023/MINSA: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, Perú.
- Mora Folleco B. W. (2024). Aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*), bajo un sistema hidropónico NFT, Guayaquil, Guayas. Universidad Agraria Del Ecuador.

- Moreno, J.; Porcuna, J. L.; Bello, P. A. & Sociedad Española de Agricultura Ecológica. (2006). Manual de agricultura y ganadería ecológica. Eumedia. ISBN 9788493073862. OCLC 434167571.
- Núñez, R. (2001). Evaluación del Extracto Líquido de Estiércol Bovino como Insumo de Nutrición Vegetal en Hidroponía. Texcoco-México: Colegio de Postgraduados.
- OMS. (2019). Inocuidad de los alimentos: Riesgos microbiológicos. Obtenido de https://www.who.int/foodsafety/areas_work/microbiological-risks/es/
- Parson, D. (1987). Manuales para educación agropecuaria. México: Trillas.
- Pérez, G., Márquez, S., & Peña, L. (1997). Mejoramiento Genético de Hortalizas. Chapingo, México: UACH.
- Pomboza, T. (2016). Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de *Lactuca sativa L* variedad Iceberg. Universidad Técnica de Abanto, 4(2), 84-92.
- Retrepo, J. (2007). Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Managua: SIMAS.
- Reyes, A. (2009). Evaluación de Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en Hidroponía Aplicando Biestimulantes Jisamar en el Cantón la Libertad. La Libertad-Ecuador: Universidad Estatal Península de San Elena.
- Ricardo, M. (2019). Valuación del cultivo de Lechuga hidropónica (*Lactuca sativa L*) en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas. La Libertad – Ecuador: Universidad Estatal Península de San Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4808/UPSE-TIA-2019-0008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez Delfín, A. (2004). Manual práctico de hidroponía (Cuarta ed.). Lima - Perú: Mekanobooks.
- Rosales Atavillos R. N. (2023). Efecto de una solución hidropónica a partir del biol de aguas mieles en la productividad de *Lactuca sativa* (LECHUGA) en Amazonas 2022. Tingo María – Perú. Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Rubio, A. (2002). Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona - España: Mc Graw.
- Sánchez, J., Rivera, R., & Castro, L. (2021). Eficiencia de biofertilizantes en la producción de hortalizas bajo sistemas protegidos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental.
- Samperio, G. (1999). Hidroponía básica: el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. México: Diana.
- Simbaña-Cifuentes B. E., Monge-Freile M. F., Molina-Yépez K. C. y Bustamante-Saltos G. Y, (2025). Efecto de las aplicaciones de biol y riego deficitario en el desempeño agronómico del cultivo de lechuga. Universidad de Costa Rica.
- Siura, S., & Estrada, R. (2020). Manual de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Suquilanda, M. (1996). Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito – Ecuador: Fundación para el Desarrollo Agropecuario.
- Theodoracopoulos, M. (2009). Producción de lechuga. Manual de producción. Honduras: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- UNALM. (2005). Qué es hidroponía. Obtenido de http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/ciencias/hidroponia/que_es_hidropon%EDa.htm

Valencia, A. (1995). Cultivo de hortalizas de hojas: col y lechuga. Serie manual N° 3-95.

Instituto Nacional de Investigación Agraria: Lima. Perú.

Wezel, A., et al. (2020). Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles. Agronomía para el Desarrollo Sostenible.

Wilkerson, C. (2015). Solución de nutrientes por agricultora en ambiente controlado.

Obtenido de http://www.fdcea.com/wp-content/uploads/2015/06/Thurs_2_wilkinson_nutrientsolutions_es.pdf

Yupangui, G., & Zhirvi, C. (2010). valuación de la productividad en invernadero de dos variedades de Lechuga (*Lactuca sativa L*), a dos densidades de siembra, bajo el sistema hidropónico NFT. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca.

ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL BIOL

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA			
			
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 0819654			
DATOS DEL CLIENTE/USUARIO			
Razon Social/Usuario	JHONATAN LEONARDO TERRONES ROMERO		
Dirección	Av. Miguel Carducci N° 225		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	ilttronesr@unc.edu.pe
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	09.08.19	Hora de Muestreo	10:30
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestras	01 Muestra	N° Frascos x muestra	05
Ensayos solicitados	Físicosquímicos y Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el Usuario		
Procedencia de la Muestra:	BARRIO SAMANACRUZ - CAJAMARCA		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC - 951	Cadena de Custodia	CC - 654 -19
Fecha y Hora de Recepción	09.08.19	11:11	Inicio de Ensayo 09.08.19 11:40
Reporte Resultado	20.08.19	15:00	
 Ing. Edder Miguel Neyra Jaico Responsable de Oficina CIP: 147028			
			
Cajamarca, 21 de Agosto de 2019.			
Página: 1 de 5			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819654

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			BIOL	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			0819654-01	-	-	-	-	-
Matriz			RESIDUAL	-	-	-	-	-
Descripción			Industrial	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Cajamarca	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.025	3.356	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.022	0.740	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.003	0.370	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	836.5	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	0.02	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	0.009	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.006	0.018	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.006	0.086	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.020	66.76	-	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.005	2996.5	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.003	0.048	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.018	170.2	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.005	3.764	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.021	124.8	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	0.016	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	162.8	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	0.022	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.007	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.021	0.025	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	31.02	-	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.041	<LCM	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	3.960	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	0.036	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.023	2.588	-	-	-	-	-

Cajamarca, 21 de Agosto de 2019.

Página: 2 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819654

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	BIOL		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0819654-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	146.5	-	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	363.3	-	-	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	-	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	2.30	-	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	16.970	-	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.070	244.5	-	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.032	24.97	-	-	-	-	-
° pH a 25°C	pH	NA	5.91	-	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	12210.0	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	8312.5	-	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH ₃ /L	0.017	276.0	-	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	4972.1	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			BIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	92 x 10 ³	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 ²	-	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	24 x 10 ²	-	-	-	-	-
(*) Formas Parasitarias	N° Org/L	1.0	<1	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Cajamarca, 21 de Agosto de 2019.

Página: 4 de 5



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819654

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Totales por ICP-OES (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Ce, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Se, Si, Ag, Na, Sr, Ti, Sn, Tl, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7. Rev 4.4.1994. (Validado) 2017. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrate, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510 B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 22nd Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitrógeno Amoniaco, Amoniac	mgN-NH ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D. 23rd Ed. 2017: Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C. 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.
Formas Parasitarias	N° Org/L	Concentración por centrifugación - Flotación: Método de Faust. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Manual de metodologías para el análisis microbiológico de aguas residuales y productos agrícolas. OPS/CEPIS. Margarita Aurazo. Lima, Perú. 1993.

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
 ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

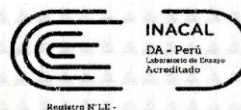
Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°06 Fecha: 02/01/2019

Cajamarca, 21 de Agosto de 2019.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



ANEXO 2: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BIOMASA AÉREA DE LECHUGA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA CON
REGISTRO No LE 026

Registro N° LE 026

INFORME DE ENSAYO

C-429-K219-JLTR

Pág. 01 de 02

CLIENTE : JHONATAN LEONARDO TERRONES ROMERO
AV. MIGUEL CARDUCCI NRO. 225 - CAJAMARCA

MÉTODOS DE ENSAYO : Microbiológico

ITEM DE ENSAYO : HORTALIZAS

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 04 Bolsas Ziplóc estériles.

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca, 30 de noviembre de 2019
Hora: 09:30

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 30 de noviembre de 2019

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección
Escherichia Coli	MFHPB-19, 2002	<1.8 NMP/g
Salmonella	MFHPB-20, 2009	Ausencia/25 g

Sello Fecha Emisión

Jefe Administrativo

Jefe del Laboratorio de
Microbiología



07/12/2019

Christian Morán Rodríguez

Juan José Colina Venegas

Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.
Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.

*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

*Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.

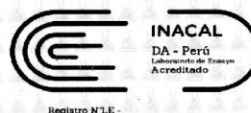
*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.

Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.

(51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873

info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe



INFORME DE ENSAYO

C-429-K219-JLTR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-429-01	C-429-02
Código de Cliente			T1	T2
Item de Ensayo			HORTALIZAS	HORTALIZAS
Fecha de Muestreo			30/11/2019	30/11/2019
Hora de Muestreo			08:30	08:35
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Escherichia Coli	NMP/g		<1.8	<1.8
Salmonella	Ausencia/25 g		Ausencia	Ausencia

Código de Laboratorio			C-429-03	C-429-04
Código de Cliente			T3	T4
Item de Ensayo			HORTALIZAS	HORTALIZAS
Fecha de Muestreo			30/11/2019	30/11/2019
Hora de Muestreo			08:40	08:45
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Escherichia Coli	NMP/g		<1.8	<1.8
Salmonella	Ausencia/25 g		Ausencia	Ausencia



Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.

Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**

* Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.

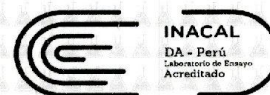
* Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.

Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.

(51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873

info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe



INFORME DE ENSAYO

C-429-K219-JLTR

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-429-01	C-429-02
Código de Cliente			T1	T2
Ítem de Ensayo			HORTALIZAS	HORTALIZAS
Fecha de Muestreo			30/11/2019	30/11/2019
Hora de Muestreo			08:30	08:35
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Escherichia Coli	NMP/g		<1.8	<1.8
Salmonella	Ausencia/25 g		Ausencia	Ausencia

Código de Laboratorio			C-429-03	C-429-04
Código de Cliente			T3	T4
Ítem de Ensayo			HORTALIZAS	HORTALIZAS
Fecha de Muestreo			30/11/2019	30/11/2019
Hora de Muestreo			08:40	08:45
Parámetro	Símbolo	Unidad		
Escherichia Coli	NMP/g		<1.8	<1.8
Salmonella	Ausencia/25 g		Ausencia	Ausencia



Los resultados del informe corresponden a los ensayos solicitados en la cotización aceptada por el cliente.

Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de **Laboratorios Ambientales NKAP S.R.L.**

*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

* Las muestras serán eliminadas al término del tiempo de almacenamiento, salvo requerimiento expreso del cliente.

*Informes de ensayo deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo: Av. 02 Mz. C-11 Lt. 19 Parque Industrial La Esperanza.

Cajamarca: Libre Para Calle Mz. F Lt. 16 Campo Real.

(51) 44 949937111 - (51) 76 976919551 - (51) 76 362873

info@nkap.com.pe - www.nkap.com.pe

ANEXO 3: TABLAS DE DATOS**Tabla 28.**

Rendimiento de la altura de planta de lechuga (cm) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	19.8571	16.1143	17.8	20.2286
2	21.3714	15.8286	16.9286	17.7
3	18.3143	16.5	18.3286	20.6857
TOTAL	59.5428	48.4429	53.0572	58.6143
PROMEDIO	19.8476	16.1476333	17.6857333	19.5381

Tabla 29.

Rendimiento del tamaño de raíz de la lechuga (cm) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	18.6571	31.7429	30.3	32.6714
2	22.5857	31.9857	36.0429	33.1714
3	27.4857	30.8571	30.3286	32.4571
TOTAL	68.7285	94.5857	96.6715	98.2999
PROMEDIO	22.9095	31.5286	32.2238	32.7666

Tabla 30.

Rendimiento en el número de hojas de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=\sqrt{X}$)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	5.5032	4.7809	4.6445	4.7509
2	5.1824	4.7359	4.5981	4.3589
3	4.9425	4.4881	4.5513	4.5981
TOTAL	15.6282	14.0049	13.7939	13.708
PROMEDIO	5.2094	4.6683	4.598	4.5693

Tabla 31.

Rendimiento en el peso fresco (g) de la parte aprovechable de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	64.6857	33.8986	34.16	61.3586
2	62.8471	32.4517	36.8814	55.3914
3	58.0157	31.1343	35.1086	61.2514
TOTAL	185.5486	97.4845	106.15	178.0014
PROMEDIO	61.8495	32.4948	35.3833	59.3338

Tabla 32.

Rendimiento en el peso fresco de las raíces (g) de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	12.2871	15.3871	11.88	13.0957
2	11.9071	13.0529	11.0357	12.9943
3	11.5914	13.9471	11.2029	12.2571
TOTAL	35.7857	42.3871	34.1186	38.3471
PROMEDIO	11.9286	14.129	11.3729	12.7824

Tabla 33.

Rendimiento del peso seco de las hojas de lechuga (g) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	3.6313	1.6238	1.3213	2.5175
2	3.3975	1.4663	1.3488	2.6888
3	3.2563	1.4938	1.125	2.7825
TOTAL	10.285	4.5838	3.795	7.9888
PROMEDIO	3.4283	1.5279	1.265	2.6629

Tabla 34.

Rendimiento del peso seco de las raíces de lechuga (g) según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	0.6729	1.1357	0.6	0.8629
2	0.5629	1.2271	0.5371	0.9286
3	0.5643	1.1143	0.49	1.0771
TOTAL	1.8	3.4771	1.6271	2.8686
PROMEDIO	0.6	1.159	0.5424	0.9562

Tabla 35.

Rendimiento de la materia seca (%) de las hojas de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=\sqrt{X}$)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	2.5346	2.3446	2.121	2.1712
2	2.5346	2.3153	2.082	2.3728
3	2.546	2.404	1.9421	2.2889
TOTAL	7.6152	7.0639	6.1451	6.8329
PROMEDIO	2.5384	2.3546	2.0484	2.2776

Tabla 36.

Rendimiento de la materia seca (%) de las raíces de lechuga según los tratamientos y repeticiones a los 2 meses de edad. (datos transformados con $Y=\sqrt{X}$)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	2.3416	2.7186	2.2899	2.5821
2	2.2626	3.1456	2.255	2.6619
3	2.2932	2.8686	2.103	3.0384
TOTAL	6.8974	8.7328	6.648	8.2824
PROMEDIO	2.2991	2.9109	2.216	2.7608

Tabla 37.

Índice de cosecha de cultivo de lechuga a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
1	53.925	41.6296	45.817	41.4222
2	55.6794	36.6367	46.916	44.4579
3	56.0231	41.069	46.1579	36.7928
TOTAL	165.6275	119.3353	138.8909	122.6729
PROMEDIO	55.2092	39.7784	46.297	40.891

Tabla 38.

Área foliar (cm²) del cultivo de lechuga a los 2 meses de edad.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
1	2790	1250	1440	2250
2	2520	1150	1613.333	1646.667
3	2000	770	1120	2000
TOTAL	7310	3170	4173.3333	5896.6667
PROMEDIO	2436.6667	1056.6667	1391.1111	1965.5556

Tabla 39.

Costos de producción de biol.

INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Leche de Vaca	L	5	1	5
Melaza	L	2	1.8	3.6
Lixiviados de Guano de Cuy	L	10	0	0
Alfalfa	kg	2	1	2
Extracto de alfalfa	L	0.6	0	0
Cascara de huevo Molido	kg	0.1	0	0
Ceniza	kg	0.5	0	0
Plátanos	unidad	10	0.2	2
Estiércol de cuy	kg	20	0	0
Levadura de pan	barra	0.5	6	3
Rocoto Molido	unidad	10	0.2	2
Limaduras de hierro	kg	0.5	0	0
Agua de lluvia	L	35	0	0
Mano de Obra	jornal	0.5	30	15
TOTAL				32.6
PRODUCCION DE BIOL	45	L		
COSTO	0.7		SOLES/L	

Tabla 40.*Costos de producción de lechuga según tratamientos.*

ITEN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO		
			COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	UNITARIO POR LECHUGA
MANO DE OBRA	jornal	3	30	90	0.54
SOLUCION HIDROPONICA LA MOLINA T1	juego	1	90	90	0.072
SOLUCION BIOL T2	L	1	0.7	0.7	0.049
SOLUCION BIOL T3	L	1	0.7	0.7	0.056
SOLUCION BIOL T4	L	1	0.7	0.7	0.1
ELECTRICIDAD	kWh	1	0.55	0.55	0.06
VASOS	ciento	100			0.025
ESPONJA					0.02
FUNGICIDAD INSECTICIDAD	E global				0.19
COSTO TOTAL T1					0.9
COSTO TOTAL T2					0.88
COSTO TOTAL T3					0.89
COSTO TOTAL T4					0.93

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO**Figura 22.**

Cobertor para la producción de lechuga hidropónica.

**Figura 23.**

Proceso de desinfección del ambiente con hipoclorito de sodio al 10%



Figura 24.

Cama de producción de lechugas con los diversos tratamientos.



Figura 25.

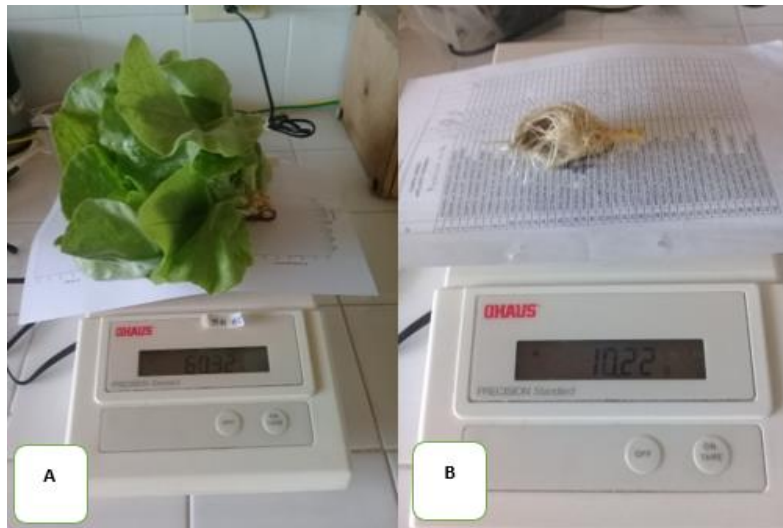
Proceso de evaluación realizada (tamaño de raíz, tamaño de planta, N° de hojas)



Figura 26.

A. Determinación del peso fresco de la parte aprovechable de la lechuga

B. Determinación del peso fresco del sistema radicular de lechuga

**Figura 27.**

Sistema radicular de las lechugas con solución hidropónica la Molina en la derecha y con biol en la izquierda. a los 15 días de haber sido trasplantadas



Figura 28.

Sistema radicular de las lechugas de acuerdo a los tratamientos; a mayor concentración de biol el color de las raíces son más oscuras.

