

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (*Ecklonia maxima*) en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.)
var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm - Ayacucho**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Presentado por:

Bach. Samuel Alanya Mendoza

Asesor:

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

Ayacucho - Perú

2024

A Dios por darme la salud y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Antonio y Maura, por su apoyo incondicional, por los valores que me inculcaron, y por sus oraciones constantes, sin ello este trabajo no sería posible.

A mis hermanos (as), sobrinas y mi menor hijo Leonel K. por ser parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater.

A la Facultad de Ciencias Agrarias a través de la Escuela Profesional de Agronomía que en sus aulas adquirí los conocimientos para formarme profesionalmente.

A mi asesor M.Sc. Ing. Walter Augusto Mateu Mateo, por su apoyo, tiempo y paciencia durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al presidente jurado Dr. Ing. José Antonio Quispe Tenorio y miembros jurados M. Sc. Ing. Alejandro Camasca Vargas y M.Sc. Ing. Josué Olser Quispe Ochoa, les agradezco por todo el apoyo brindado en la elaboración de esta tesis.

A los trabajadores del Centro Experimental Canaán por su apoyo en las labores de campo durante la conducción del presente trabajo de investigación.

A mis amigos que de una u otra forma contribuyeron en la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice general	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	1
Introducción	2

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.1.1. Producción de lechuga con bioestimulantes y densidad de plantas	4
1.2. Bases teóricas	10
1.2.1. La Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	10
1.2.2. Requerimientos edafo-climáticos	13
1.2.3. Manejo de la lechuga.....	16
1.2.4. Bioestimulantes	21

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA	27
2.1. Ubicación del experimento.....	27
2.2. Antecedentes del terreno experimental	27
2.3. Características físicas y químicas del suelo	27
2.4. Características climatológicas	28
2.5. Material experimental	32
2.5.1. Material vegetativo	32
2.5.2. Extracto de algas (Kelpak - <i>Ecklonia máxima</i>)	32
2.6. Variables estudiadas e indicadores	33
2.6.1. Dosis de extracto de algas (Kelpak) (K).....	33

2.6.2.	Densidad de plantas (D)	33
2.7.	Tratamientos en estudio.....	33
2.8.	Diseño experimental.....	33
2.9.	Análisis estadístico	34
2.10.	Características del campo experimental	34
2.10.1.	Unidad experimental (parcela)	34
2.10.2.	Bloques	34
2.10.3.	Área del experimento	34
2.11.	Variables evaluadas	37
2.12.	Instalación y conducción del experimento	38
2.12.1.	Preparación del terreno	38
2.12.2.	Demarcación y estacado.....	38
2.12.3.	Siembra del almácigo	38
2.12.4.	Surcado.....	38
2.12.5.	Trasplante	39
2.12.6.	Recalce	39
2.12.7.	Desmalezado	39
2.12.8.	Aplicación foliar.....	39
2.12.9.	Riego	39
2.12.10.	Abonamiento	40
2.12.11.	Control fitosanitario	40
2.12.12.	Cosecha	40

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42

3.1.	Variables de precocidad.....	42
3.1.1.	Días a la formación de cabeza	42
3.1.2.	Días al inicio de cosecha	43
3.2.	Variables de rendimiento	45
3.2.1.	Altura polar de la pella en cm.....	45
3.2.2.	Diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga en cm	47
3.2.3.	Número de pellas o cabezas comerciales por hectárea.....	49

3.2.4. Peso de pella o cabeza de lechuga en kg	51
3.2.5. Rendimiento de cabezas comerciales de lechuga (kg ha ⁻¹)	54
3.3. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Valor nutricional de la lechuga por cada 100 g en materia comestible.....</i>	11
Tabla 1.2. <i>Principales plagas del cultivo de lechuga</i>	18
Tabla 1.3. <i>Principales enfermedades en el cultivo de lechuga</i>	18
Tabla 1.4. <i>Clasificación de lechuga tipo iceberg en base a peso y diámetro</i>	20
Tabla 1.5. <i>Composición de bioestimulante Kelpak (Ecklonia máxima L.)</i>	26
Tabla 2.1. <i>Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán, 2750 msnm</i>	28
Tabla 2.2. <i>Temperatura máxima, mediana, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2021- 2022 según la estación meteorológica INIA – Ayacucho</i>	30
Tabla 2.3. <i>Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar</i>	34
Tabla 2.4. <i>Productos fitosanitarios utilizados para el control de plagas y enfermedades</i>	40
Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia del número de días a la formación de cabeza en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	42
Tabla 3.2. <i>Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de Kelpak para el número de días a la formación de cabeza en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	43
Tabla 3.3. <i>Análisis de variancia del número de días al inicio de cosecha en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	43
Tabla 3.4. <i>Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales niveles de Kelpak para el número de días al inicio de cosecha en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	44
Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia de altura polar de la pella de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	45
Tabla 3.6. <i>Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de Kelpak para la altura polar de la pella en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	46
Tabla 3.7. <i>Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de la pella en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	47

Tabla 3.8.	<i>Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de Kelpak para el diámetro ecuatorial de la pella en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	48
Tabla 3.9.	<i>Análisis de variancia del número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	50
Tabla 3.10.	<i>Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de la densidad de siembra entre planta para el número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	50
Tabla 3.11.	<i>Análisis de variancia del peso de la pella o cabeza de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	51
Tabla 3.12.	<i>Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de Kelpak (K) para el peso de la pella o cabeza de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	52
Tabla 3.13.	<i>Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de densidad de plantas para el peso de la pella o cabeza de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	53
Tabla 3.14.	<i>Análisis de variancia del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha⁻¹). Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	54
Tabla 3.15.	<i>Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha⁻¹). Canaán 2750 msnm – Ayacucho</i>	55
Tabla 3.16.	<i>Análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio de la lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2021 - 2022, según la Estación Meteorológica de INIA- Ayacucho</i>	31
Figura 2.2. <i>Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos</i>	36
Figura 2.3. <i>Croquis de la unidad experimental</i>	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Costo de producción de lechuga sin Kelpak (testigo)	69
Anexo 2. Costo de producción de lechuga con 1.5 l ha ⁻¹ de Kelpak	70
Anexo 3. Costo de producción de lechuga con 2.5 l ha ⁻¹ de Kelpak	71
Anexo 4. Costo de producción de lechuga con 3.5 l ha ⁻¹ de Kelpak	72
Anexo 5. Análisis de la rentabilidad económico de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	73
Anexo 6. Datos de campo del experimento de lechuga	74
Anexo 7. Panel fotográfico	75

RESUMEN

En el Centro Experimental Canaán a 2750 msnm, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad San Cristóbal de Huamanga; se condujo el experimento en lechuga con el objetivo de determinar la influencia de las dosis de Kelpak y la densidad de plantas en el rendimiento de la lechuga variedad Great Lakes. El experimento se llevó a cabo con el Diseño de Bloque Completo Randomizado, con arreglo factorial de 4 dosis de Kelpak por 3 densidades de planta, con 3 repeticiones y 12 tratamientos. El inicio de la cosecha con las dosis 0.0, 1.5 y 2.5 L ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 66.22, 63.33 y 62.44 ddt; con la dosis 3.5 L ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a 61.33 ddt, resultando ser el más precoz. Los mejores resultados en peso de cabeza de lechuga se obtuvieron con los niveles de 3.5 y 2.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K), con valores de 1.363 y 1.280 kg respectivamente. La densidad de 71, 429 plantas de lechuga reportaron el mayor peso con 1.295 kg. En el rendimiento de cabezas comerciales, la dosis de Kelpak (3.5 L ha⁻¹) con densidad de plantas de 100,000 plantas alcanzó mayor rendimiento con 96,042 kg ha⁻¹. La mayor rentabilidad de 4.80 se obtuvo con la dosis de Kelpak de 3.5 L ha⁻¹ y 100,000 plantas por ha⁻¹.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, densidad de plantas, extracto de algas (Kelpak).

INTRODUCCIÓN

La lechuga, es una de las verduras de hoja verde más populares del planeta. Se cultiva desde hace más de 2,000 años y existen más de 200 variedades. Se consume principalmente cruda en ensaladas (Sánchez, 2023).

Entre los principales componentes de la lechuga se encuentran; los betacarotenos, los cuales tienen la capacidad de ser transformados por el organismo en vitamina A; vitaminas antioxidantes como la C y E; ácido fólico; minerales como el potasio, magnesio y buena cantidad de fibra. Las hojas poseen un principio activo (lactucina) con propiedades tranquilizantes que alivian la ansiedad o estrés (Lasluiza, 2022).

En los últimos 10 años, la producción mundial de lechuga ha aumentado en 3 073 millones de kilogramos. China encabeza la lista de productores de esta hortaliza, produciendo 14 928 millones de toneladas en el año 2016, esto quiere decir que el país asiático produjo un 55.75 por ciento del total mundial, seguido por Estados Unidos y la India con 4 073 y 1 089 millones de kg, respectivamente. Con respecto a América del sur los principales productores de lechuga son Chile con 83 320 mil toneladas, ubicándose a nivel mundial en el puesto 19 y Colombia en el puesto 22 con una producción de 78 713 mil toneladas; Perú produjo un total de 73 559 mil toneladas. (Yucra, 2019).

Respecto a la producción en el Perú, “la producción nacional de lechuga fue de 77,603 toneladas en una superficie de 7,057 ha. La región con mayor producción es con 30,091 toneladas. Las regiones con mayores rendimientos son: La Libertad con 25.419 t ha⁻¹, Junín con 24.560 t ha⁻¹, Lima con 21.576 t ha⁻¹, Tacna con 20.381 t ha⁻¹ y Arequipa con 16.721 t ha⁻¹.” (MINAGRI, 2019).

La agricultura es estratégica para alimentar al mundo, por ello todos los insumos son necesarios para hacerla más productiva y competitiva. En ese sentido, los bioestimulantes tienen la función de impulsar los procesos de nutrición de las plantas con independencia del contenido de nutrientes en planta. El objetivo es satisfacer las características de las plantas: eficiencia en el uso de nutrientes, macronutrientes y micronutrientes, calidad de los frutos, tolerancia a diferentes estreses bióticos y abióticos y movilidad de nutrientes en el suelo. Los efectos beneficiosos sobre las plantas dependen del tipo de bioestimulante ocupado, de la especie y/o variedad cultivada, de las condiciones edafoclimáticas y de las prácticas agrícolas aplicadas (The food tech, 2023).

Por otro lado, en mal manejo de los fertilizantes químicos está acarreado problemas en la fisiología, calidad y rendimiento del cultivo de la lechuga. Frente a este problema, es necesario evaluar la aplicación de bioestimulantes como el Kelpak que junto a la densidad de plantas podrían incrementar el rendimiento; por las consideraciones expuestas se planteó el presente trabajo de investigación, con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de dosis de Kelpak (*Ecklonia máxima*) y densidad de plantas en el rendimiento de lechuga en Canaán, Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de dosis de Kelpak (*Ecklonia máxima*) en el rendimiento de lechuga en Canaán, Ayacucho.
2. Determinar la influencia de dosis de la densidad de plantas en el rendimiento de lechuga en Canaán, Ayacucho.
3. Determinar la rentabilidad de los tratamientos en estudio.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Producción de lechuga con bioestimulantes y densidad de plantas

Salazar (2019), en su trabajo de investigación sobre el efecto en el rendimiento y calidad del cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. tratadas con solución de algas marinas, reporta lo siguiente:

Se aplicó el modelo ortogonal de Taguchi obteniendo cuatro formulaciones para su elaboración a base de extracto de alga marinas y agua; las formulaciones fueron aplicadas a 5 camas de *Lactuca sativa* L. una por cada cama, siendo los parámetros a evaluar rendimiento (peso/planta) y calidad del cultivo (mg/g de clorofilas) en la etapa de cosecha, la aplicación y cambio de solución nutritiva se realizó en intervalos de 7 días. Se obtuvo como resultados que la formulación hidropónica F2 (10% de extracto de algas marinas) presentó un efecto mayor sobre el rendimiento y calidad de *Lactuca sativa* L. a comparación de las concentraciones de 12,5; 30 y 25 % de extracto de algas marinas; obteniendo un peso de 64,38 g/planta y 1,948 ug/g de clorofilas totales. Sin embargo, la formulación F2 no superó al control comercial (F0) debido a la elevada conductividad llegando a la conclusión que la aplicación de la solución de extracto de algas marinas en las cuatro formulaciones, contienen los nutrientes necesarios para permitir el crecimiento del cultivo de lechugas hidropónicas.

Resultados encontrados en otros cultivos, como en vainita Jade por Gutiérrez (2016), señalan que:

Se evaluó el efecto de extractos de algas marinas en el rendimiento y la calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L) cv Jade. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar; el área experimental se dividió en 24 parcelas, cada con una superficie de 10,5 m². Se emplearon cinco tratamientos y un testigo con 4 repeticiones. Los extractos de algas utilizados fueron Agrostemin, Phyllum, Fertimar y Ecoalga. Las dosis utilizadas fueron las recomendadas por el fabricante. Se realizaron cuatro aplicaciones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron el rendimiento (t/ha), diámetro (mm) y longitud (cm) de la vaina; contenido de materia seca y la concentración de macronutrientes foliares. El rendimiento varió de 5,60 a 9,48 t/ha, donde Fertimar tuvo el mayor valor; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. El diámetro y longitud de las vainas no fueron influenciados por ningún tratamiento, los valores fueron 8,54 mm y 17,12 cm respectivamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso de vainas. Phyllum mostró el mayor valor con 8,61 g. El contenido de materia seca no fue afectado por los tratamientos; los valores fueron 17,64% para hojas, 18,58% para tallos y 7,13% para vainas. La concentración foliar de K en vainas mostró diferencias estadísticas, Agrostemin tuvo el mayor contenido con 2,84% (p. 10).

Moreno (2017) en Cañete en ají *Capsicum bacatum*, reportó que:

Cuatro fuentes de extractos de algas fueron evaluadas en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. pendulum) en el valle de Cañete – Lima, entre diciembre de 2014 y julio de 2015. Los extractos de algas evaluados fueron: AGROSTEMIN, PHYLLUM, FERTIMAR y ECO-ALGAS y se tuvieron dos tratamientos testigos, uno sin fertilización ni aplicación de extractos de algas y otro con fertilización sin aplicación de extractos de algas. Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar de cuatro bloques y seis tratamientos. Los extractos de algas fueron aplicados de manera foliar, a las dosis y en los momentos indicados por sus respectivas fichas técnicas y/o bajo recomendaciones de sus respectivas casas comerciales. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, porcentaje de cuajado, rendimiento, calidad

de fruto medida en peso promedio, longitud y diámetro de fruto, y porcentaje de materia seca en hojas, tallos y frutos. La mayor altura de planta la presentó el tratamiento con PHYLLUM, con una altura de 100.3 cm. El mayor porcentaje de cuajado fue alcanzado por el tratamiento con FERTIMAR (82.5 %). El mayor rendimiento de fruto fresco (29.26 t/ha) se obtuvo con el tratamiento con AGROSTEMIN. Los mayores pesos promedio de fruto fueron alcanzados por FERTIMAR y PHYLLUM con 60.87 y 60.53 gramos respectivamente, mientras que la mayor longitud (12 cm) y el mayor diámetro (3.42 cm) fueron alcanzados por PHYLLUM. El más alto porcentaje de materia seca en hojas, tallos y frutos (17.62 %, 24.10% y 12.41 % respectivamente) fue alcanzado por el tratamiento con ECO-ALGAS. Sin embargo, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados para las variables estudiadas (p. 10).

Estudillo (2017) en México, producto de su investigación resume de la siguiente manera:

La lechuga es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo con una producción mundial de 24.9 millones de toneladas. (SAGARPA-SIAP, 2016). Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en la fertilidad del suelo y por ende su capacidad de sostener una agricultura productiva. (Stocking, 1984) La hidroponía, surge como alternativa, cuyo principal objetivo es eliminar los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas. Actualmente se usan bioestimulantes, para la producción de cultivos, estos van desde extractos de algas marinas y compuestos por aminoácidos (Agrocom, 2012). El presente trabajo se estudió la respuesta del crecimiento de las plantas de lechuga var. “Paris Island” en respuesta a diferentes aplicaciones de algas marinas y aminoácidos, en un sistema hidropónico de raíz flotante. Los tratamientos fueron: algas marinas a una cantidad de 0.10 g/L, aminoácidos a 0.10 g/L y mezclados a una cantidad de 0.5 g/L y un testigo. Se utilizó una solución nutritiva Steiner al 100 %, para todos los tratamientos. Dando un total

de 4 tratamientos. Se evaluaron 6 variables que fueron, la longitud de raíz, diámetro del tallo, longitud de hojas, número de hojas y peso seco y fresco de la planta. Los resultados se analizaron mediante un análisis factorial completamente al azar utilizando la comparación de medias Tukey a un nivel de significancia de 0.05. La aplicación de extractos de algas marinas y aminoácidos solamente incrementó la longitud de la raíz, la longitud de hojas y el peso fresco y seco, presentaron incrementos significativos al aplicar diferentes dosis de algas marinas y aminoácidos en comparación con el testigo.

Espinoza et al. (2020), en una revisión sobre los bioestimulantes señala que:

Los extractos de algas marinas son ampliamente utilizados en la agricultura como bioestimulantes del crecimiento vegetal y constituyen una alternativa ecológica al consumo excesivo de productos agroquímicos sintéticos. Estos productos naturales son mezclas complejas de compuestos bioactivos tales como reguladores del crecimiento vegetal, polisacáridos, fenoles, aminoácidos, esteroides, betainas, vitaminas, macro y microminerales. Su aplicación en la producción de diferentes cultivos genera un amplio espectro de respuestas positivas en el sistema planta-suelo. Sin embargo, el potencial bioestimulante de estas formulaciones no ha sido aprovechado al máximo debido al reducido conocimiento sobre sus mecanismos de acción en las plantas. Esta revisión tuvo como objetivo analizar las perspectivas de las algas marinas como fuente de extractos bioactivos para la promoción del crecimiento vegetal y la protección de los cultivos. Se describen los principales compuestos con actividad biológica en los extractos de algas marinas y los métodos para su extracción. Además, se analizan los efectos heréticos de estos bioproductos en la germinación de las semillas, el desarrollo radical, el microbioma rizosférico, el rendimiento y calidad de los cultivos, la absorción y asimilación de nutrientes por las plantas, el metabolismo y la fisiología vegetal; así como en la mitigación del estrés abiótico y el manejo de plagas y enfermedades. Por último, se describen los metabolitos predominantes en los extractos de algas cubanas para el desarrollo de nuevos bioproductos con fines agrícolas.

Velasquez (2019) estudio densidad de plantas en el cv. Angelina, reportó que:

Los distanciamientos evaluados fueron 20, 25, 30, 35 y 40 cm entre plantas para dar densidades poblacionales de 125 000, 100 000, 85 000, 75 000 y 65 000 plantas/ha. Se evaluaron tanto, características de rendimiento: total, comercial y no comercial, así como de calidad del repollo: peso fresco, altura, diámetro y porcentaje de materia seca. Se determinó que la densidad de siembra de 125 000 plantas/ha es la adecuada para la lechuga cv. Angelina bajo condiciones de la Molina en términos de rendimiento y calidad. Las características evaluadas de rendimiento comercial y rendimiento no comercial aumentaron a medida que aumentó la densidad poblacional. Con el tratamiento T1 (125 000 plantas/ha) se obtuvieron los mayores valores, 43.79 t/ha y 21.24% respectivamente. Las características de peso fresco y diámetro de planta aumentaron a medida que disminuyó la densidad poblacional, obteniéndose los valores más elevados en el T3 (75 000 plantas/ha) y T0 (85 000 plantas/ha) con 610 g y 16.52 cm respectivamente. (p.49)

Miranda y Sánchez (2017) estudiaron la configuración de la plantación en lechuga y reportaron que:

Dos variedades (Kristine y Tropicana) fueron establecidas en la parcela principal, con dos distancias entre hilera (16 y 20 cm) en la subparcela y cuatro distancias entre planta (25, 30, 35 y 40 cm) en la sub-sub parcela. Para la variedad Kristine, 25 cm de distancia entre planta resultó en los mayores rendimientos, independientemente del distanciamiento entre hilera, y mayor rentabilidad utilizando una distancia entre planta e hilera de 40 × 16 cm, respectivamente. En el caso de Tropicana, el rendimiento más alto resultó en 16 cm de distancia entre hilera, independientemente de la distancia entre planta, y mayor rentabilidad utilizando una distancia entre planta e hilera de 35 × 16 cm, respectivamente. (p.3)

Cacñahuaray (2021) reportó que:

Las dosis de guano de isla tienen efecto en el peso de pella con 490.94g utilizando 3 t ha⁻¹ de guano de islas, rendimiento de pellas categoría segunda

de 7.09 t ha⁻¹ con 3 t ha⁻¹ de guano de islas y en el rendimiento total de pellas de 35.45 t ha⁻¹ con 3 t ha⁻¹ de guano de islas. La densidad de siembra tiene efecto positivo en el peso de pella alcanzando un peso de 444.27 g con densidad de 111,111 plantas.ha⁻¹. De acuerdo con la respuesta cuadrática, se alcanzó el mayor rendimiento de lechugas de 30.34 t ha⁻¹ con la densidad de 137,174 plantas.ha⁻¹. El tratamiento, 25 cm de densidad con 3 t ha⁻¹ de guano de islas presenta la mayor rentabilidad con 306 %, seguido de la densidad 30 cm con 3 t ha⁻¹ de guano de islas con 296 % y de la densidad 25 cm con 2 t ha⁻¹ de guano de islas con 275 %. (p. 11)

Tsamach (2022) informa que estudió:

Los tratamientos: T1 (Densidad de siembra 0,1m entre planta y 0,2m entre fila), T2 (Densidad de siembra 0,3m entre planta y 0,2m entre fila), T3 (Densidad de siembra 0,4m entre planta y 0,2 m entre fila), T0 (Densidad de siembra 0,2m entre planta y 0,2m entre fila de la variedad Grand Rapids Walderman's Strain). Los indicadores usados fueron: Altura de planta (cm), diámetro de la base del tallo (cm), número de hojas, peso por planta (g), rendimiento (kg.ha⁻¹) y análisis económico. Los resultados fueron que con el tratamiento 1 (0,1 m x 0,2 m variedad Black Rose), se obtuvo 34 937,50 kg.ha⁻¹. El tratamiento 3 alcanzó mayor peso por planta con 113,51 g; número hojas por planta con 14,1 y diámetro de tallo con 1.03, y menor altura de planta, con 25,47 cm. El mayor beneficio se obtuvo con T1 (0,1 m x 0,2 m variedad Black Rose – 500000 plantas) con 69,17 % y por tal razón el mayor beneficio neto (S/ 21, 428.65 por hectárea) seguido del tratamiento T2 que ocupó el segundo lugar, superando al testigo. (p.10)

Palomino (2014) reporta que:

La cosecha de cabezas de lechuga con aplicación de guano de islas se produjo entre los 88 y 90 días, mientras que con la densidad de 66 667 y 50 000 plantas.ha⁻¹ ocurre entre los 88.5 y 90 días. El mayor peso de lechuga (0.71kg) se logró con 2.0 t.ha⁻¹ de GI, y 0.70 kg con la densidad 66 667 plantas.ha⁻¹. El mayor diámetro de cabezas de lechuga (9.60 kg) se logró con 3.0 t.ha⁻¹ de GI,

mientras que las densidades de 66 667 y 50 000 plantas.ha⁻¹ produjeron lechugas con diámetro de 9.40 y 9.30 cm, respectivamente. Los mayores rendimientos de cabezas de lechuga se obtuvo con 3.0 y 2.0 t.ha⁻¹ de guano de islas con 79366.7 y 73183.3 kg y la densidad de 100 000 plantas.ha⁻¹ con 75783.3 kg. La densidad de 100 000 plantas.ha⁻¹ produjo la mayor cantidad de cabezas comerciales con 124300 lechugas.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. La lechuga (*Lactuca sativa* L.)

a) Origen y distribución

El origen de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) no está muy claro. Se afirma que procede de la India, mientras que otros la sitúan en las regiones templadas de Eurasia y América del Norte, a partir de la especie *Lactuca serriola*, dado que, los cromosomas entre estas dos especies son muy similares y no tienen ningún problema en cruzarse. Conocida por egipcios, sumerios, persas, romanos y griegos, tratándose de una planta cultivada desde hace muchos años, con testimonios escritos de que los romanos conocían diferentes variedades, así como diversas técnicas de cultivo. Existen diferentes variedades de lechuga cultivadas actualmente las cuales son el producto de una hibridación entre especies distintas. (La Rosa (2015)).

b) Características generales

La lechuga pertenece a la familia Asteraceae la más grande de las dicotiledóneas, anteriormente llamada Compositeae. Gracias a sus diferentes tipos de hojas y a su crecimiento presenta una gran diversidad, identificándose así distintas variedades botánicas de las cual algunas han ganado gran importancia como cultivos hortícolas en varias partes del mundo, el término *Lactuca* proviene del latín *lac* (leche) haciendo alusión al líquido blanquecino, que es la savia exuda la planta al ser cortada. Este cultivo en sus distintos aspectos y colores, es uno de las más consumidas alrededor del mundo, la producción de esta hortaliza se concentra en zonas de clima fresco ya que no tolera muy bien las temporadas altas. Hoy en día se puede cultivar al aire libre, invernaderos en suelo o huertos urbanos en macetas artesanales o en forma

aeropónica, hidropónica; en la hidroponía se previene daños por bajas condiciones luminosas, hídricas climáticas y de suelo (Saavedra et al, 2017).

c) Valor nutricional de lechuga

La lechuga es una hortaliza que aporta nutricionalmente alto contenido de minerales y vitaminas; y bajo aporte calórico.

Tabla 1.1

Valor nutricional de la lechuga por cada 100 g en materia comestible

Características	Valor nutricional
Energía	17 kcal
Agua	95 ml
Proteína	1.5 g
Hidratos de carbono	1,4 g
Fibra	1,5 g
Grasas	0,6 g
Calcio	35 mg
Hierro	1,0 mg
Iodo	0,2 ug
Magnesio	6,0 mg
Zinc	0,23 mg
Sodio	10,0 mg
Potasio	240 mg
Fosforo	30 mg
Vitamina A	29 (ug Eq retinol)
Beta-caroteno	172 ug
Vitamina B1	0,06 mg
Vitamina B2	0,07 mg
Vitamina C	12 mg
Vitamina E	0,5 mg
Niacina	0,7 ug
Folatos	34 ug

Nota: Extraído de Madueño (2017)

d) Taxonomía de la lechuga

Según Velasquez (2019) la taxonomía de la lechuga es la siguiente:

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
Superdivisión	: Spermatophyta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Asteridae
Orden	: Asterales
Familia	: Asteraceae
Género	: Lactuca
Especie	: <i>Lactuca sativa</i> L.
Nombre común	: Lechuga

e) Características botánicas

La lechuga presenta las siguientes características botánicas:

La raíz es pivotante y muy ramificado alcanzando una profundidad de hasta 30 cm e incluso puede llegar hasta los 35 cm de profundidad en riego por goteo. El tallo es corto y acaule, es decir es pequeño, sin embargo, una vez iniciada la etapa reproductiva se produce un alargamiento del cual en su ápice surgirán las flores de la lechuga. Las hojas se caracterizan por ser sésiles, distribuidas en forma de roseta densa alrededor del tallo. Dependiendo del cultivar, el desarrollo de la roseta puede continuar durante el desarrollo vegetativo, formar una cabeza redondeada o elongada. Así mismo, tanto las hojas como el borde de los limbos y el color son determinadas por la variedad y cultivar. La inflorescencia es una panícula. Las flores son perfectas, con 5 estambres y un ovario de una sola cavidad. Comúnmente son autopolinizadas. Las flores se agrupan en ramilletes y tienen un color amarillo pálido. Son pequeñas y hermafroditas, se abren después de la caída del sol su fase de polinización es generalmente de seis horas. Las semillas son alargadas de 4-5 mm de diámetro y su color generalmente es blanco crema, aunque también tienen coloración parda y castaña dependiendo de la variedad. Botánicamente es un aquenio cubierto de vilano plumoso que puede llegar a medir hasta 4 mm, su forma es aplanada, su color varía entre negro, blanco y amarillo (Jaramillo et al., 2016).

f) Variedades y cultivares

López (2016) mencionan las siguientes variedades y cultivares:

Lactuca sativa var. Capitata. Son las lechugas conocidas como de amarra, mantecosas o españolas; las hojas son intensas que forman un cogollo amarillento al envolver a las más nuevas con ciclos entre 50-70 días. Los cultivares representativas de esta variedad son las llamadas Milanese, Francesa, Reina de Mayo y Española.

Lactuca sativa var. Crispa. Sus hojas suelen ser anchas, formando un cogollo (lechuga de cabeza). Las lechugas de esta variedad son de mayor tamaño, llegando a pesar más de 1 kg. Los cultivares más representativos son los siguientes: Great Lakes 659, Climax, Salinas, Great Lakes 118 y Vanguard.

Lactuca sativa var. Longifolia. Corresponden a las lechugas llamadas romanas. La planta desarrolla hojas grandes y oblongas alcanzando los 20 y 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho. Por su disposición directa puede llegar a pesar 2 kg. Romabella, Oreja de mulo y Parris Island vienen hacer sus cultivares.

Lactuca sativa var. Inybarcea. Son aquellas lechugas que presentan hojas sueltas y dispersas. Son ideales para recolectar a poco por hojas y sin cortar la planta, debido que sufren un rápido deterioro de postcosecha. Los cultivares de mayor importancia son: Lollo rossa y Red Salad Bowl. (p. 19).

1.2.2. Requerimientos edafo-climáticos

La lechuga presenta los siguientes requerimientos edafo-climáticos para optimizar su rendimiento:

a) Clima

La lechuga es una hortaliza de clima fresco. Las temperaturas altas aceleran el desarrollo del tallo floral y la calidad se afecta rápidamente con el calor debido a la acumulación de “latex” en las yemas. La temperatura media óptima para el desarrollo normal de la parte aérea aprovechable es de 15-18 °C con máximas de 21 °C y mínimas de 7 °C. Si se presenta temperaturas bajas durante 10 a 30 días, hay emisión prematura de tallos florales. La alta humedad causa problemas por favorecer la pudrición basal causada por el hongo Sclerotinia

sp., los malos drenajes crean el medio propicio para la presencia de la enfermedad (Osorio y Lobo, 1983).

b) Suelo

En general, todos los suelos son buenos para el cultivo de la lechuga. Si se trabaja en el clima apropiado, desarrolla bien en suelos con alto contenido de materia orgánica. Teniendo en cuenta que el sistema radicular de la lechuga no es muy extenso, los suelos que retienen bien la humedad y a la vez que presentan buen drenaje son los mejores; las mejores texturas son las franco arcillosas y franco arenosas. El pH más apropiado es de 5.2 a 5.8 en suelos orgánicos y 5.6 a 6.7 en suelos minerales. En general si el suelo mineral tiene un pH menor de 6.0 es recomendable aplicar cal. El suelo rico en materia orgánica beneficia la lechuga, ya que estos retienen buena humedad, favoreciendo así la alta demanda de agua por parte del cultivo. (Osorio y Lobo, 1983).

c) Agua

La lechuga es un cultivo muy sensible al déficit hídrico por su sistema radicular poco profundo, efecto que se hace evidente sobre la producción de materia verde, exigiendo niveles hídricos en el suelo cercanos a capacidad de campo. Este cultivo no admite la sequía, aunque es conveniente que la superficie del suelo se encuentre seca para evitar la posible aparición de podredumbres de cuello. Independientemente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se ve afectado si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del tamaño y engrosamiento de las hojas de la lechuga, con una reducción notoria en la calidad del producto que dificultará su comercialización. El máximo crecimiento y rendimiento se logra solamente cuando se provee a la planta de una buena cantidad de agua a lo largo del ciclo productivo; la etapa de formación de cabeza es la de mayor demanda hídrica; un déficit en esta etapa provoca las mayores reducciones en los rendimientos (Velásquez, 2019).

d) Temperatura

La temperatura óptima para la germinación se sitúa entre 15°C y 20°C. Es muy sensible a altas temperaturas del suelo y no germina cuando en el mismo se registran valores mayores a 30°C. Por encima de 26°C el comportamiento depende de la variedad. Durante la primera fase del crecimiento, la temperatura óptima se ubica entre 10°C y 15°C. Las plantas pequeñas, en general, no son dañadas por temperaturas bajas o heladas suaves, situación que cambia en plantas grandes próximas a cosecha. En la fase de crecimiento rápido, la temperatura óptima diurna oscila entre 14°C y 18°C y la nocturna entre 5°C y 8°C. La incidencia de temperaturas más bajas puede inhibir el crecimiento (detiene el crecimiento con 6°). Regímenes térmicos más elevados, acompañados por fotoperiodos largos, pueden estimular la subida a flor. La floración prematura o "bolting" es un accidente fisiológico que consiste en el alargamiento del tallo floral antes de llegar el momento óptimo de cosecha. Este efecto es indeseable ya que deprecia la calidad comercial del cultivo. La capacidad de las lechugas para formar cogollos es una característica genética influida por factores del medio. Uno de estos factores es el equilibrio entre luz y temperatura. Con temperaturas superiores a 20°C, las lechugas acogollan mal si la iluminación es baja. En general, para lograr un buen acogollado son necesarias temperaturas diurnas comprendidas entre 17°C y 28°C y temperaturas nocturnas entre 3°C y 12°C. Otros efectos de las altas temperaturas: quemado del borde de las hojas (amarronado), sabor amargo (por acumulación de látex), formación de cabezas poco compactas (Universidad de Lujan, 2023).

e) Luminosidad

La calidad del espectro de luz, intensidad luminosa y su duración, son las variables que más afectan el crecimiento y desarrollo de las. De manera general, se sugiere que altas intensidades luminosas promueven un mejor desarrollo de follaje en volumen, peso y calidad. La formación del repollo está relacionado a la intensidad luminosa y la temperatura, así se tiene que, si en invierno la intensidad luminosa es débil y la temperatura nocturna es elevada,

el acogollado se verá inhibido. Además, se ha comprobado que su escasez ocasiona que las hojas sean delgadas y que en múltiples ocasiones las cabezas sean flojas y poco compactas. Se recomienda considerar este factor para establecer una densidad poblacional adecuada (Velásquez, 2019).

1.2.3. Manejo de la lechuga

La lechuga requiere labores agrícolas pertinentes, y son:

a) Preparación del terreno

Velásquez (2019) indica que,

la primera labor es el arado, lo cual se debe realizar 30 días antes del trasplante a una profundidad de 30 cm, con la finalidad de airear el suelo y exponer larvas, pupas y adultos de insectos plagas a sus enemigos naturales, como también de patógenos presentes en el campo. Posterior, se realiza la nivelación para evitar encharcamientos y acondicionar una buena distribución del agua al cultivo. Finalmente se elaboran los surcos o camas para evitar la erosión de cualquier tipo de materiales.

b) Trasplante

Esta operación consiste en extraer las plántulas del almácigo y llevarlos al campo definitivo. Es recomendable realizar durante las primeras horas de la mañana o las últimas de la tarde y de ser posible en días nublados, evitando realizar en horas de fuerte insolación. La edad óptima para realizar el trasplante es de 30 a 40 días después de la siembra, cuando las plántulas tienen de 4 a 6 hojas y una altura de 1015 centímetros. Se obtienen mejores resultados con trasplante de plantas pequeñas que con plantas grandes. Las plántulas pequeñas son de fácil manipulación y su prendimiento es seguro, pese a que, en nuestro medio, los agricultores tienen la tendencia de utilizar plantas muy grandes para el trasplante. Se presenta a continuación una secuencia tentativa de los posibles pasos a seguir durante la ejecución del trasplante: riego previo un día antes y el mismo día del trasplante en el almacigo; extracción de plántulas; selección

de plántulas; traslado a campo definitivo; trasplante propiamente dicho y riegos (Valencia, 1995).

c) Fertilización

La materia orgánica debe ser incorporada con anticipación, para que tenga el tiempo suficiente de descomponerse y pueda ser aprovechada por la planta. Se recomienda el empleo de por lo menos 10 t/ha de estiércol proveniente de cualquier fuente como aves, vacunos, ovinos. La dosis de fertilización, depende de las condiciones específicas e individuales de cada tipo de suelo. Se encontró una mayor respuesta a los abonos nitrogenados que a los fosfóricos o potásicos. Por este motivo, la mayoría de los agricultores no usan estos elementos en sus cultivos de lechuga. También hay que tener en cuenta, que el sistema radicular de esta especie es de escaso desarrollo, por lo que la aplicación de los fertilizantes debe hacerse lo más cerca posible a las plantas, en forma especial en el caso de los elementos de escasa movilidad como fósforo y potasio. Es recomendable aplicar estos elementos, a una profundidad de 8 a 10 centímetros. La dosis recomendable es: Nitrógeno: 100 - 120 kg/ha, Fósforo: 60 - 80 kg/ha y Potasio: 60 kg/ha. El abono nitrogenado en el caso de la siembra directa se aplica en forma fraccionada, un tercio en la siembra, otro tercio en el momento del desahije junto con el fósforo y el potasio, el resto de nitrógeno se aplica a los 20 a 25 días después. (Valencia, 1995).

Por otro lado, Saavedra et al. (2017) indica que, “la cantidad de nitrógeno se debe realizar de acuerdo al tiempo, en verano puede ser aplicado en una sola oportunidad al momento del trasplante. Sin embargo, en invierno como el ciclo es más largo y por problemas de lixiviación, es recomendable parcializar la dosis. El fósforo, debido a su baja movilidad dentro del suelo, es posible fertilizar con el total de la dosis antes del trasplante. El potasio al presentar una menor movilidad que el nitrógeno, este también puede ser aplicado en conjunto con el fósforo”.

d) Control de maleza

“La lechuga presenta una competencia crítica con malezas y debido que es una planta de bajo porte se debe tener cuidado cuando el cultivo ya ha crecido, se recomienda hacerlo manualmente o con herramientas manuales como escarda, guadaña y pala”. (Velásquez, 2019).

e) Plagas y enfermedades

En la tabla 1.4 y tabla 1.5 se presentan las plagas y enfermedades respectivamente más comunes bajo condiciones de La Molina que atacan al cultivo de lechuga.

Tabla 1.2

Principales plagas del cultivo de lechuga

Plaga	Acción sobre la planta
Pulgones (<i>Myzus persicae</i>) (<i>Nasonovia ribisnigri</i>)	Insecto de tipo picador chupador que se alimenta de la savia de la planta debilitándola. Transmisor de virus.
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Debilitan a la planta al alimentarse de la savia provocando un debilitamiento general de la planta, ayuda a formarse al hongo de la fumagina y son transmisores de virus.
Trips (<i>Frankiniella occidentalis</i>)	Es el mayor responsable en transmitir el virus ya que transmite el virus del bronceado del tomate, causando el mayor daño en el cultivo de lechuga.
Mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	Las larvas al alimentarse de las hojas forman minas o galerías. Hojas altamente infestadas no pueden producir fotosíntesis y se secan.

Nota: Extraído de: Estay & Saavedra (2017).

Tabla 1.3*Principales enfermedades en el cultivo de lechuga*

Enfermedad	Síntomas
Mildiu (<i>Bremia lactucae</i>)	Aparecen manchas cloróticas en el haz de hojas y en el envés de las hojas se presenta el micelio de color blanco grisáceo con abundante esporulación; las manchas llegan a unirse tomándose pardas
Oídio (<i>Erysiphe cichoracearum</i>)	Los síntomas son manchas pulverulentas compuestas por micelio de color blanquecino presentes en ambas caras de la hoja.
Esclerotinosis (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	Los síntomas son pudriciones acuosas que aparecen desde la base de la planta (raíz) hacia el follaje acompañadas de micelio y esclerocios de color blanco al inicio para tonarse de color negro.
Moho gris o botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	Los primeros síntomas son lesiones acuosas en las hojas o base del tallo para luego presentar micelio de color grisáceo cuando la enfermedad avanza.

Nota: Extraído de Sepúlveda (2017)

Según La Rosa (2015) existen enfermedades fisiológicas causados por factores abióticos como la enfermedad fisiológica conocida como “Tip Burn”, cuyo síntoma es el quemado de los bordes de hojas nuevas, debido a temperaturas excesivas, estrés hídrico y deficiencia de calcio en el suelo. Otra enfermedad fisiológica viene ser la enfermedad de la flor prematura causada por altas temperaturas en la etapa adulta de la lechuga.

f) Riego

Valadez (1994) menciona que, “no existen reportes específicos del riego en campo; sin embargo, en la práctica se ha observado que los periodos críticos son la germinación y cuando empieza a formar cabeza (Var. Capitata), por lo que se recomienda humedad permanente en el suelo a lo largo de su desarrollo para obtener lechugas de buen peso y comercializables. En suelos orgánicos se requiere una lámina de riego de 2.5 cm cada 10 a 14 días antes de formar cabeza (Var. Capitata) y cada 7 a 10 días durante la formación de cabeza”.

g) Densidad de siembra

Valadez (1994) por su parte menciona que “en siembras comerciales de lechuga se pueden obtener poblaciones de 66 000 a 72 000 plantas por hectárea, utilizando un distanciamiento de 0.92 a 1.00 m entre surcos, de 30 a 35 cm entre plantas y 25 cm entre hileras”.

h) Cosecha y rendimiento del cultivo

El momento oportuno de cosecha se define de acuerdo con el tipo de cultivar y la duración del ciclo vegetativo. Previo a la cosecha es necesario determinar si la lechuga está apta para ser cosecha y comercializada, para esto se toman en cuenta los índices de madurez. Las lechugas de cabeza deben alcanzar un peso, volumen y compactación definidos de acuerdo a los estándares de calidad para su tipo. Una cabeza compacta es aquella que requiere de una fuerza moderada para ser comprimida, una cabeza muy suelta está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobremadura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mejor sabor que las sobre maduras y también tienen menor cantidad de problemas en poscosecha. La cosecha de la lechuga debe realizarse en las primeras horas de la mañana debido a que es muy susceptible a la pérdida de agua, de lo contrario síntomas como pérdida de firmeza y turgencia en las hojas y un deterioro en la apariencia de las mismas se verán expresadas. Se debe tener en cuenta que las variedades de hoja suelta son más sensibles al calor, mientras que las crespas o arrepolladas son menos sensibles (Velásquez, 2019).

Tabla 1.4

Clasificación de lechuga tipo iceberg en base a peso y diámetro

Categoría	Diámetro (cm)	Peso de la cabeza (g/cabeza)
Extra o suprema	15 - 20	350 - 500
Corriente	10 - 14	250 – 340
Dúplex o mix	< 10	< 250

Nota: Extraído de Velásquez (2019).

Martínez (2019) menciona que,

la distancia de plantación depende de la envergadura que alcance la variedad; en el caso de variedades de tamaño pequeño se pueden plantar hasta 18 plantas por metro cuadrado, sembrando en eras o en llano total a distancias de 25 cm por 25 cm o en caballón a una distancia de 50 cm entre caballones y dos hileras por planta por caballón, separadas 25 cm entre sí. La siembra en caballón se recomienda cuando existen riesgos de exceso de humedad en el suelo, para evitar pudriciones del cuello de la planta o el ataque del moho blanco *Esclerotia sclerotiorum*. La distancia de siembra más utilizada en la producción de lechuga de 14 cabeza es de 35 a 40 cm entre plantas y 40 cm entre surcos. A una distancia de siembra de 40 cm por 40 cm se tiene una población de 56 100 plantas por hectárea (p. 14).

1.2.4. Bioestimulantes

La agricultura es una actividad que consiste en el cultivo de la tierra para producir alimentos, ha permitido mejorar muchas especies de plantas y es importante en la economía, ya que es la principal fuente de empleo en varios países. Sin embargo, hoy en día el cambio climático, la erosión de los suelos y malas prácticas de cultivos son la principal causa de la gran disminución del rendimiento, afectando la seguridad alimentaria y nutricional. Una alternativa para contrarrestar esto, es el empleo de bioestimulantes; debido a los beneficios que producen en el crecimiento de las plantas, favoreciendo su correcto funcionamiento y promoviendo su desarrollo fisiológico (funcionamiento de las plantas a diferentes niveles: molecular, celular, de tejidos, de órganos y de la planta completa). Un bioestimulante es una sustancia, microorganismo o mezcla de ellos, que al ser aplicados a las plantas estimulan benéficamente varios procesos en ellas. Por ejemplo, ayudan a absorber y asimilar mejor los nutrientes que se encuentran en el suelo, ser más tolerantes a diversos factores como la sequía, salinidad, frío, calor o ser resistentes a plagas (organismos que atacan y destruyen los cultivos) y enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus, nemátodos entre otros; que sin un manejo adecuado disminuyen su rendimiento y provocan su muerte. Además, los bioestimulantes

mejoran sus características agronómicas, obteniendo alimentos de mejor calidad y libres de agroquímicos y/o pesticidas. Debemos tomar en cuenta que los bioestimulantes y fertilizantes no son lo mismo, quizá esta última palabra se te haga muy familiar, debido a que se utiliza con gran frecuencia en la agricultura. Sin embargo, existe una gran diferencia entre ellas, los fertilizantes son sustancias orgánicas o inorgánicas que contienen los nutrientes necesarios para que la planta se desarrolle correctamente. Por el contrario, los bioestimulantes no le proporcionan nutrientes directamente a la planta, si no que estimulan los procesos fisiológicos de ésta, para que por sí misma mejore la disponibilidad y absorción de los nutrientes que se encuentran en el suelo, dando como resultado plantas sanas y fuertes. Las sustancias fomentan el crecimiento e impulsan el desarrollo, obteniendo una mayor productividad y calidad de las cosechas, estimulando los procesos naturales de las plantas con una cantidad insignificante de bioestimulante, de manera que ayudan a los agricultores a producir más con menos. El empleo de éstos puede ayudar a reducir el uso desmedido de agroquímicos sintéticos que dañan el medio ambiente y tienen un impacto negativo en nuestra salud. Como ya se mencionó en líneas anteriores, existen varios tipos de bioestimulantes aplicados a las plantas y se pueden clasificar según su origen: proteínas hidrolizadas, hongos benéficos, quitosano y otros polímeros, bacterias benéficas, extractos de algas y plantas, elementos inorgánicos, ácidos húmicos y fúlvicos. Los bioestimulantes ayudan a las plantas a mejorar la absorción de los nutrientes, tener un mayor desarrollo y benefician sus procesos fisiológicos como la fotosíntesis, síntesis de ácidos nucleicos o la absorción de iones, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos, por todo esto, causan un incremento de rendimiento económico y productivo, lo que proporcionan una solución a los problemas de la producción agroindustrial, siendo una alternativa sostenible, generando productos innovadores con valor para la agricultura contribuyendo a una economía circular. (Muñoz et al., 2023. p. 2-6)

Los estimuladores del crecimiento de las plantas (reguladores del crecimiento + bioestimulantes; PGS) son sustancias químicas (orgánicas/inorgánicas) útiles

para el crecimiento y desarrollo de las plantas. No se consideran un reemplazo de los fertilizantes, pero pueden ayudar a mejorar la calidad de los cultivos y del suelo. Ambos compuestos pueden amplificar la biomasa de las raíces, la translocación de nutrientes, las actividades enzimáticas, el rendimiento de los cultivos, la fisiología y la absorción de nutrientes. Los bioestimulantes son ricos en minerales, vitaminas, hormonas vegetales, oligosacáridos y aminoácidos. Estos compuestos tienen un papel importante en la mejora de la salud del suelo, la fertilidad, la sorción y la desorción de nutrientes. Por lo tanto, tienen un carácter vital en el ciclo de nutrientes, el control del estrés abiótico, la biodisponibilidad de metales pesados y la emisión de gases de efecto invernadero. Este capítulo se centra en las discusiones sobre la influencia de los reguladores del crecimiento de las plantas y los bioestimulantes en la producción de cultivos, la salud del suelo, el ciclo de metales pesados, la emisión de gases de efecto invernadero y la sostenibilidad ambiental. Considerando que el impacto de los bioestimulantes en los gases de efecto invernadero es una brecha de investigación. (Bashir, M. et al. 2021)

a) Clasificación de bioestimulantes

Según INTAGRI (2015) “los bioestimulantes se pueden clasificar en las siguientes categorías: ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas y otros compuestos que contienen nitrógeno, extracto de algas marinas y plantas, quitosano y biopolímeros, hongos benéficos (hongos micorrízicos arbusculares), compuestos inorgánicos y bacterias benéficas”.

Ácidos húmicos y fúlvicos. Son compuestos de origen orgánico con una gran diversidad bioquímica, se encuentran en la parte superior del suelo. Modifican el metabolismo en las plantas, ayudan a mejorar el crecimiento y desarrollo de raíces, mejoran la absorción y provee cultivos tolerantes al estrés del ambiente.

Hidrolizados de proteínas. Son bioestimulantes conformados por la mezcla de aminoácidos y péptidos. Generalmente se producen mediante hidrólisis química y enzimática de proteínas obtenidas a partir de animales o plantas. Pueden aumentar la calidad y rendimiento de los cultivos, así como también mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Extracto de algas marinas y plantas. Son macroalgas que se utilizan en gran medida debido a que proporcionan a los cultivos mayor tolerancia al estrés abiótico (temperatura, déficit de nutrientes, sequías y salinidad), promueven el crecimiento y mejoran el rendimiento de los cultivos. El extracto de algas marinas y plantas posee varios componentes químicos tales como vitaminas, fitohormonas, nutrientes minerales, entre otros.

Quitosano y biopolímeros. Es un compuesto (copolímero de N-acetil y Dglucosamina) formado a partir de quitina, que gracias a sus propiedades estimula el crecimiento de las plantas induciendo genes de defensa que se relacionan con la patogénesis tales como la glucanasa y quitinasa, haciéndolas más tolerantes al estrés abiótico.

Hongos benéficos (hongos micorrízicos arbusculares). Estos hongos funcionan como biofertilizantes, bioprotectores y biorreguladores en las plantas y son una forma ecológica y sostenible de manejo que garantizan un mayor rendimiento de los cultivos, mejoran la absorción y transporte de nutrientes, inducen la tolerancia al estrés del suelo y ambiente, entre otras cosas.

Compuestos inorgánicos. También conocidos como elementos beneficiosos, estos elementos promueven el crecimiento en las plantas, se las puede considerar como esenciales en ciertas especies. Pueden estar presente en las plantas y en el suelo, entre ellos están el cobalto, aluminio, silicio, selenio, sodio.

Bacterias benéficas. Un grupo de estos microorganismos son las PGPR (rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal) y su modo de acción en las plantas incluyen, entre otras cosas, liberación o cambios hormonales en la planta, mejora la disposición de nutrientes y tolerancia al estrés abiótico.

b) Aplicación de biostimulante

Brocco et al. (2015) explican que,

las aplicaciones de bioestimulantes pueden ser edáficas como foliares y su uso activa o retarda procesos fisiológicos. Del mismo modo, recalca que los bioestimulantes potencian el desarrollo de la raíz, nuevos brotes y resistencia a

la tensión. Por otro lado, señala que la población microbiana del suelo no es alterada por el uso continuo de bioestimulantes, puesto que este producto influye positivamente al ambiente.

c) Algas *Ecklonia máxima* L. (Kelpak)

El alga *Ecklonia maxima* se encuentra catalogada agronómicamente dentro de especies de algas pardas, junto con otras especies populares como el *Ascophyllum nodosum* y *Macrocystis pyrifera*, por ejemplo. También es conocida con el nombre común de bambú marino y su hábitat natural se encuentra en las costas rocosas de Sudáfrica, concretamente desde el sur de Sudáfrica hasta el norte de Namibia, en zonas de grandes corrientes, de aguas frías y ricas en nutrientes. La *Ecklonia maxima* pertenece a la familia *Lessoniaceae* y vive bajo aguas poco profundas, no más de ocho metros de profundidad, y templadas, creando bosques de algas mar adentro. Estas poseen un potente sistema radicular que les permite mantenerse ancladas al fondo del océano. Desde esta estructura, similar a una raíz, se eleva un único y largo stipe (tipo tallo) hacia las aguas superficiales, donde sus hojas flotantes se acercan a la superficie para realizar la fotosíntesis.

En los extractos del alga *Ecklonia maxima*, por su contenido único de compuestos bioactivos, sus aplicaciones en agricultura como bioestimulante agrícola gozan de interés debido a sus propiedades beneficiosas sobre los cultivos.

La relación de compuestos bioactivos no para de crecer según se avanza en su estudio. Como ejemplo, se incluyen en ellos las *citoquininas*, *auxinas*, *giberelinas* y polisacáridos, que influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, estimulando procesos fisiológicos y *metabólicos* esenciales.

En cuanto a las *citoquininas*, hormonas vegetales que regulan diversos procesos de desarrollo y crecimiento en las plantas, estimulan la división celular, promueven la formación de brotes laterales y retrasar la senescencia de las hojas. En ella se han identificado *citoquininas* como la *zeatina*, *zeatina ribósido* y sus derivados.

Respecto a las *auxinas*, grupo de hormonas vegetales que actúan también en la regulación de su crecimiento y desarrollo, tienen efectos sobre la elongación celular, la formación de raíces y el desarrollo de órganos. Esta alga contiene auxinas como el *ácido indolacético* (AIA) y sus derivados.

Sobre las *giberelinas*, son hormonas vegetales que regulan el crecimiento del tallo, la germinación de semillas y la floración en las plantas. Y en cuanto a los *polisacáridos*, carbohidratos complejos, tienen efectos beneficiosos para mejorar la retención de agua en el suelo, estimular la actividad microbiana y aumentar la resistencia a estrés abiótico, estimulando sus respuestas fisiológicas y metabólicas.

Es un concentrado de emulsión líquido elaborado a partir de extractos del alga *Ecklonia máxima*, se genera durante un proceso en frío, que mantiene de manera concentrada las propiedades estimulantes de las algas sin la necesidad del uso del calor o de productos químicos que reducen de forma notable los efectos estimulantes de estos extractos. Incrementa la fuerza de enraizamiento y el crecimiento de los cultivos y actúa como estimulante durante etapas de estrés causado por heladas, sequías, toxicidad, o al momento del trasplante (Edifarm, s.f.).

Tabla 1.5

Composición de bioestimulante Kelpak (Ecklonia máxima L.)

Extracto de algas <i>Ecklonia máxima</i>: 34.26%	Actividad biológica equivalente a:
Auxinas:	11.00 ppm
Cito quininas:	0.03 ppm
Poli aminas:	4.00 ppm
Phlorotannins:	0.95 ppm

Nota: Extraído de Tejena (2021)

d) Recomendaciones de uso del bioestimulante (Kelpak).

Kelpak es un activador natural del crecimiento, concentrado de *Ecklonia Maxima* con una alta concentración en auxinas naturales. Su composición se caracteriza por su alto nivel de auxinas y su bajo nivel de citoquininas. Esta dominancia en auxinas promueve el desarrollo de raíces y pelos radiculares

favoreciendo el desarrollo equilibrado del cultivo. Kelpak se recomienda para estimular el desarrollo de las raíces, así como para potenciar el crecimiento de los frutos, con el fin de obtener cosechas con calibres superiores. Kelpak puede ser aplicado al suelo en el trasplante, mediante fertirrigación o en aplicación foliar. En plantas hortícolas, aplicar por fertirrigación una dosis de 7 l/ha después del trasplante. (Navarro Montes, 2023).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, distrito Andrés A. Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a una altitud de 2,750 msnm, encontrándose entre las coordenadas geográficas de 13° 08' 05" Latitud sur y 74° 32' 00" Longitud oeste.

2.2. Antecedentes del terreno experimental

En el terreno destinado para realizar el trabajo investigación, en la campaña anterior 2021 – 2022 fueron terrenos agrícolas de producción comercial de cebolla china y col.

2.3. Características físicas y químicas del suelo

Para determinar las características físicas y químicas del suelo de Canaán, se recogió muestras de suelo de la parcela experimental, en total 16 muestras de la capa superficial a una profundidad de 20 cm, recorriendo el campo en zig zag, los mismos que se mezclaron uniformemente de la cual se extrajo una muestra representativa de 1 kg de peso y que fue enviado para su análisis al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolas Roulet”, del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Los resultados del análisis se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1*Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán, 2750 msnm*

Componentes	Valor	Método	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.85	Potenciómetro	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	2.79	Walkley Black	Medio
N total (%)	0.14	kjeldahl	Medio
P disponible (ppm)	21.4	Olsen	Medio
K disponible (ppm)	212.7	Turbidímetro	Medio
Arena (%)	45.8	Hidrómetro	Clase textural (franco)
Limo (%)	28.9	Hidrómetro	
Arcilla (%)	25.3	Hidrómetro	

Nota: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" UNSCH-2021

Los resultados del análisis físico-químico del suelo (tabla 2.1) en base a los criterios señalados por Ibáñez y Aguirre (1983), se califica al suelo como franco, moderadamente alcalino, materia orgánica y N total contenido medio, contenido de P disponible, medio y K disponible, medio. Las características asignadas al suelo son adecuadas para el cultivo de lechuga.

2.4. Características climatológicas

Los datos climatológicos corresponden a la Estación Meteorológica de INIA, ubicada entre las coordenadas de 13° 10' 00.06" Latitud Sur y 74° 12' 22.92" Longitud Oeste y a una altitud 2735 msnm, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho.

Durante el periodo vegetativo del cultivo de lechuga, la temperatura promedio máxima, media y mínima fue de 24.9 °C, 17.1 °C y 9.4 °C, respectivamente. La precipitación total anual fue de 487.1 mm.

Según el balance hídrico, hubo exceso de humedad en el mes de diciembre del 2021, enero y febrero de 2022 y déficit de humedad en los meses de abril a setiembre del 2022. Durante la ejecución del experimento, las precipitaciones pluviales fueron moderadas con 32.2 mm, 107.6 mm, 97.3 mm y 120.5 mm, de diciembre 2021 a marzo 2022, respectivamente, sin embargo, se observó que aumentó la precipitación en el último mes, coincidiendo con la época de cosecha del experimento.

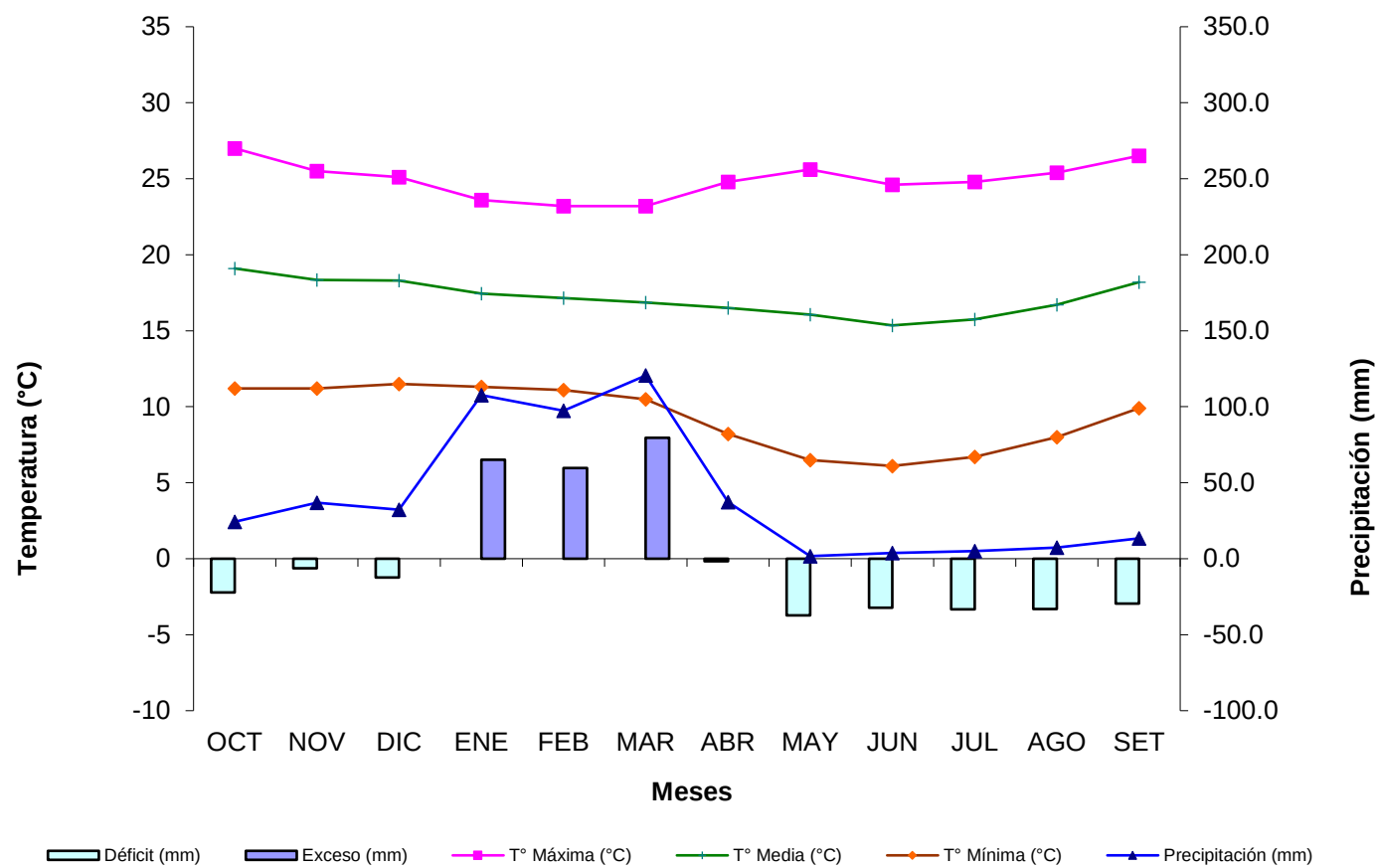
Tabla 2.2

Temperatura máxima, mediana, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2021- 2022 según la estación meteorológica INIA – Ayacucho

Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray							Altitud	: 2735 msnm						
Provincia	: Huamanga							Latitud	: 13° 10' 00.06" S						
Departamento	: Ayacucho							Longitud	: 74° 12' 22.92" W						
AÑO	2021							2022							
MESES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	Total	Prom	
T° Máxima (°C)	27	25.5	25.1	23.6	23.2	23.2	24.8	25.6	24.6	24.8	25.4	26.5		24.9	
T° Mínima (°C)	11.2	11.2	11.5	11.3	11.1	10.5	8.2	6.5	6.1	6.7	8.0	9.9		9.4	
T° Media (°C)	19.1	18.4	18.3	17.5	17.2	16.9	16.5	16.1	15.4	15.8	16.7	18.2		17.1	
Factor	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80			
ETP (mm)	94.7	88.1	90.8	86.6	76.8	83.6	79.2	79.6	73.7	78.1	82.8	87.4	1001.3	0.49	
Precipitación (mm)	24.3	36.8	32.2	107.6	97.3	120.5	37.2	1.7	3.8	5.0	7.4	13.3	487.1		
ETP Ajust. (mm)	46.4	43.2	44.5	42.4	37.6	41.0	38.8	39.0	36.1	38.3	40.6	42.8			
H del suelo (mm)	-22.1	-6.4	-12.3	65.2	59.7	79.5	-1.6	-37.3	-32.3	-33.3	-33.2	-29.5			
Déficit (mm)	-22.1	-6.4	-12.3				-1.6	-37.3	-32.3	-33.3	-33.2	-29.5			
Exceso (mm)				65.2	59.7	79.5									

Figura 2.1

Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña agrícola 2021 - 2022, según la Estación Meteorológica de INIA- Ayacucho



2.5. Material experimental

2.5.1. Material vegetativo

Se utilizó plantines de lechuga de la variedad Great Lakes, cuyas características son: gran apariencia y alta calidad. Produce cabezas muy grandes que pueden pesar hasta 2 - 2.2 kg. Adquieren una forma atractiva, redonda, de color verde oscuro y consisten en hojas densamente empacadas, ligeramente arrugadas y corrugadas. (Garden Seeds Market, 2023)

2.5.2. Extracto de algas (Kelpak - *Ecklonia máxima*)

Es un regulador de crecimiento que proviene del alga marina *Ecklonia máxima*. Se utiliza como bioestimulante en la agricultura para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Contiene un delicado balance de biorreguladores que benefician a las plantas. Al ser aplicado en los cultivos, estimula el crecimiento de las raíces, aumenta la absorción de nutrientes y mejora la resistencia de las plantas al estrés, como sequía, salinidad y temperaturas extremas. Además, es un producto con alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas, esta relación produce un efecto sobre la división y la elongación celular aumentando el tamaño de los frutos. (BASF Agricultural solutions, 2023).

Formulación (g/L)

Nitrógeno total-N	5.0
Nitrógeno Amoniacal-N	5.0
Fósforo Asimilable P ₂ O ₅	44.0
Potasio Soluble en agua	7.0
Carbono Orgánico Oxidable Total	24.0
Densidad g/cc	1.06
pH sol al 10%	4,1
Enterobacterias totales	Menos de 10 UF/ml
<i>Salmonella</i> sp	Ausente en 25 ml de producto

Recomendaciones de uso

Kelpak es un fertilizante orgánico-mineral de origen natural, producido a partir del alga marina *Ecklonia maxima*, especialmente formulado para estimular el

metabolismo de las plantas y equilibrar las funciones fisiológicas a nivel celular, con énfasis en la estimulación del enraizamiento de las plantas.

Dosis sugeridas

Arroz: 2 l ha⁻¹, al inicio del macollamiento. Hacer dos aplicaciones cada 15 días.

Papa: 2.0 l ha⁻¹, aplicar a los 30, 45 y 60 días después de la emergencia de las plantas en campo.

Tomate: 2.0 l ha⁻¹, aplicar a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Frijol: 2.0 l ha⁻¹, aplicar a los 15, 30 y 45 días después de la germinación.

Es muy importante aplicar en los primeros estados de desarrollo del cultivo (drench en bancos de enraizamiento, bandejas de propagación, luego de trasplantes y etapas iniciales) (Agroactivo, 2023).

2.6. Variables estudiadas e indicadores

2.6.1. Dosis de extracto de algas (Kelpak) (K)

k0	: 0.0 L ha ⁻¹ (Testigo)
k1	: 1.5 L ha ⁻¹
k2	: 2.5 L ha ⁻¹
k3	: 3.5 L ha ⁻¹

2.6.2. Densidad de plantas (D)

Se realizó la siembra en surcos mellizos distanciados a 0.30 m y distancia entre par de surcos mellizos 0.50 m, y espaciado entre plantas a 0.25, 0.30 y 0.35 m.

- d1: 100 000 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.25 m entre plantas).
- d2: 83 333 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.30 m entre plantas).
- d3: 71 429 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.35 m entre plantas).

2.7. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio resultan de la combinación de cada una de las dosis de extracto de alga - Kelpak (k0, k1, k2, k3) con las tres densidades de plantas (d1, d2, d3), obteniéndose de esta combinación un total de doce tratamientos.

Tabla 2.3*Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar*

Tratamiento	Código	Descripción
T1	d1k0	100 000 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T2	d2k0	83 333 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T3	d3k0	71 429 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T4	d1k1	100 000 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T5	d2k1	83 333 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T6	d3k1	71 429 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T7	d1k2	100 000 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T8	d2k2	83 333 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T9	d3k2	71 429 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T10	d1k3	100 000 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T11	d2k3	83 333 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T12	d3k3	71 429 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak

Nota: Elaboración propia

2.8. Diseño experimental

El experimento fue conducido utilizando el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR), con arreglo factorial 4K x 3D con 12 tratamientos y 3 repeticiones, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + \alpha\delta_{(ij)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera (respuesta)

μ = Es el promedio general

β_k = Efecto de la K-ésima repetición (bloque)

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor K (dosis de Kelpak)

δ_j = Efecto del J-ésimo nivel del factor D (densidades de planta)

$\alpha\delta_{(ij)}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor K con el j-ésimo nivel del factor D

ϵ_{ijk} = Error experimental

2.9. Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de campo, se realizará el análisis correspondiente para cada una de las variables a evaluar y consiste en el análisis de Variancia (ANVA), Prueba de contrastes de Tukey (0.05).

2.10. Características del campo experimental

2.10.1. Unidad experimental (parcela)

Número de parcelas por bloque	: 12 parcelas
Largo de parcelas	: 4.0 m
Ancho de parcelas	: 2.4 m
Área total de parcela	: 9.6 m ²
Distancia entre surco mellizo	: 0.5 m
Números de surcos por parcela	: 3
Distancia entre plantas	: 0.25, 0.30, 0.35 m

2.10.2. Bloques

Número de bloques	: 3
Ancho de bloque	: 4.0 m
Largo del bloque	: 28.8 m
Área total del bloque	: 115.2 m ²

2.10.3. Área del experimento

Ancho	: 13.0 m
Largo	: 28.8 m
Área total	: 374.4 m ²
Área efectiva	: 345.6 m ²

Figura 2.2

Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos

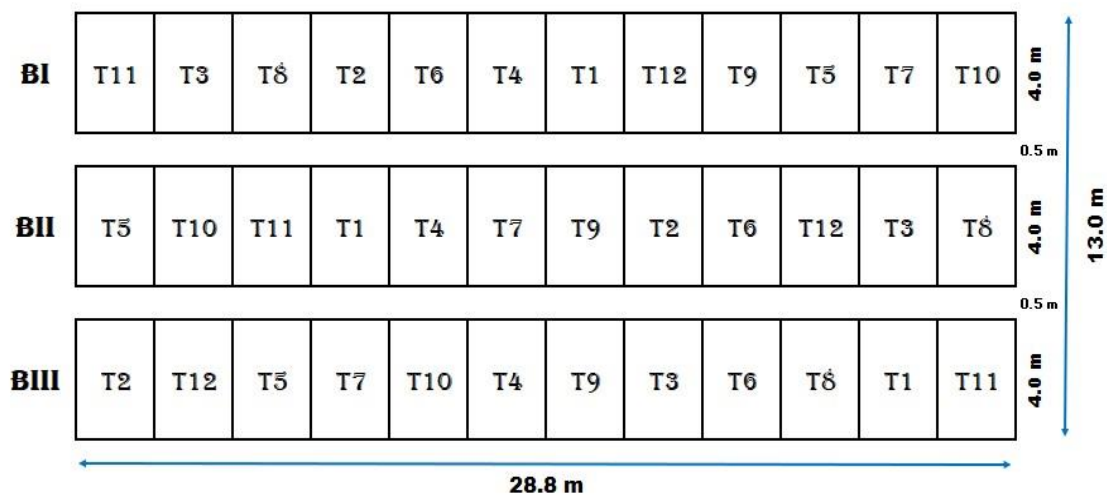
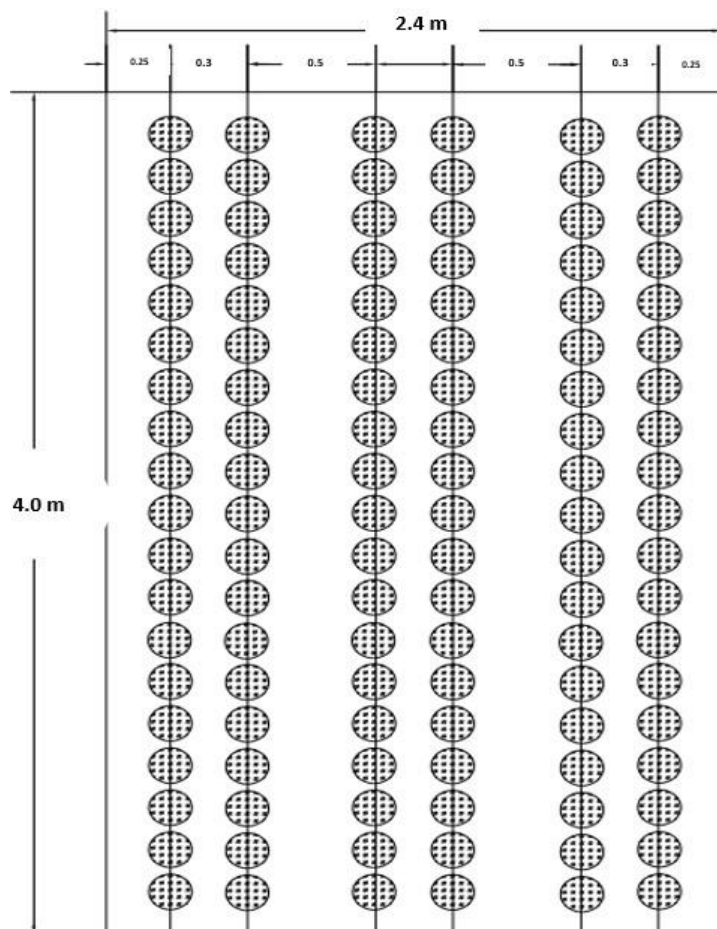


Figura 2.3

Croquis de la unidad experimental



2.11. Variables evaluadas

Se evaluó las plantas de los surcos centrales, dejando una planta en la base y cabecera de los surcos de la parcela experimental, para evitar el efecto de borde.

Los criterios de evaluación de las variables fueron:

a) Formación de cabeza (días)

Se consideró el número de días desde el momento del trasplante hasta que las plantas muestren el inicio de la formación del repollo.

b) Inicio de cosecha (días)

Se consideró los días desde el momento del trasplante hasta que las plantas presenten un repollo compacto y bien formado.

Las variables evaluadas de rendimiento, fueron:

a) Altura polar de la pella en lechuga (cm)

Se cosechó 5 plantas al azar en estado de madurez comercial de los surcos centrales de la parcela y con la ayuda de una regla se procedió a medir el diámetro polar de la pella de la lechuga, por tratamiento.

b) Diámetro ecuatorial de la pella en lechuga (cm)

En cinco plantas del surco central cosechadas al azar en estado de madurez comercial utilizando un vernier se procedió a medir diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga por tratamiento.

c) Número de cabezas comerciales por hectárea

Se contaron todos los repollos comerciales de lechuga en los surcos centrales aptas para el mercado en cada tratamiento, en las oportunidades de la cosecha.

d) Peso de cabeza de la lechuga (kg)

En la cosecha, se tomó al azar cinco plantas en estado de madurez comercial, los que se pesaron en una balanza digital de 5 kg, luego se obtuvo el peso promedio por repollo. Se efectuó en todos los tratamientos.

e) Rendimiento de cabezas comerciales (kg ha⁻¹)

Luego de cosechar todas las cabezas o repollos comerciales de lechuga y luego de realizar la limpieza de las hojas basales se pesaron en una balanza digital y luego el valor obtenido se infirió a una hectárea para efectos del análisis estadístico.

f) Rentabilidad económica

La rentabilidad económica se calculó para los niveles de Kelpak (4) que resultaron de la combinación de densidad de plantas por dosis de extracto de algas - Kelpak en base a la fórmula:

$$Rentabilidad = \frac{Utilidad\ neta}{Costo\ total} \times 100$$

2.12. Instalación y conducción del experimento

2.12.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno realizó el 10 de diciembre del 2021 con el tractor agrícola que realizó la aradura a la profundidad de 25 cm y luego, el mullido del terreno experimental.

2.12.2. Demarcación y estacado

Se delimito los bloques y parcelas según el croquis experimental, utilizando estacas, cordel y wincha. Esta labor se realizó el 03 de enero del 2022.

2.12.3. Siembra del almácigo

Se realizó el 06 de diciembre del 2021, en bandejas germinadoras de 200 cavidades, se utilizó como sustrato “Plug mix” humedecida, donde se colocó la semilla a una profundidad de 3 mm y se cubrió con el mismo sustrato y se humedeció con agua. Las plántulas permanecieron por 29 días los germinadores hasta alcanzar 4 hojas verdaderas y quedar expeditas para el trasplante.

2.12.4. Surcado

Se procedió a realizar el surcado de manera manual tomando en cuenta la distancia entre surcos de 0.80 m. Esta labor se realizó un día antes del trasplante a campo.

2.12.5. Trasplante

El trasplante manual sobre suelo húmedo se realizó el 04 de enero de 2022, con plantines de 4 hojas verdaderas, colocando los plantines en los hoyos previamente abiertos de ambos costillares del surco y a los distanciamientos planteados en el estudio. Al finalizar el trasplante se realizó un riego por goteo ligero para evitar asentar el suelo y evitar que se los plantines se marchiten.

2.12.6. Recalce

Esta labor se llevó a cabo el 14 de enero del 2022, a los 10 días después del trasplante en los hoyos donde se perdieron los plantines de lechuga.

2.12.7. Desmalezado

Se realizaron tres deshierbos manuales a los 17, 24 y 43 días después de trasplante en terreno definitivo en forma manual utilizando azadones y lampas con el fin de evitar la competencia interespecífica por agua, luz, nutriente, espacio, CO₂ y O₂ para que el cultivo se pueda desarrollar idealmente durante todo su ciclo.

2.12.8. Aplicación foliar

Se efectuó el 17 de enero a los 13 días después del trasplante con el producto Biotec en dosis de 10 ml/20 l de agua por mochila, debido a que las plantas presentaban hojas amarillas.

La aplicación de Kelpak se efectuó en dos partes el 02 de febrero y 17 de febrero del 2022 a los 30 y 45 (ddt) en dosis respecto al estudio considerado.

2.12.9. Riego

El primer riego se realizó un día antes del trasplante para que el suelo se encuentre a capacidad de campo, el segundo riego se realizó el día del trasplante y el tercer riego a 02 días después del trasplante; después se aplicaron de acuerdo a la necesidad del cultivo hasta la finalización de la cosecha de acuerdo al requerimiento del cultivo.

2.12.10. Abonamiento

Se aplicó al experimento una mezcla de NPK de una fórmula de abonamiento: 32.5-23-30 de NPK, que equivale en fertilizantes a 192 g/surco de úrea, 192 g/surco de fosfato di amónico y 192 g/surco de cloruro de potasio. Además, se aplicó 0.5 t ha⁻¹ de Terrasur, es decir 192g/surco, en la modalidad de chorro continuo en el fondo del surco en el momento de surcado, luego se cubrió con una capa de suelo y a continuación se aplicó un riego ligero. Esta labor que se realizó 03 de enero del 2022, un día antes del trasplante a campo definitivo.

2.12.11. Control fitosanitario

Semanalmente se monitoreo la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo. Se detectó la presencia de pulgón (*Brevicoryne brassicae*) y *Thrips tabaci* en las hojas nuevas, que fue controlado con aplicación de Alfa kling 10 EC a la dosis 250 ml/cil. La presencia de botrytis y oídium fue controlado con Protexín 500 FW y Quioxy 50 WE a la dosis 200 cc ha⁻¹; labor que se realizó a los 15 y 40 (ddt).

Tabla 2.4

Productos fitosanitarios utilizados para el control de plagas y enfermedades

INSECTICIDAS	
Ingrediente activo	Producto comercial
Cypermethrim	Alfa kling 10 EC
FUNGICIDAS	
Ingrediente activo	Producto comercial
Carbendazín	Protexín 500 FW
Azoxystrobin	Quioxy 50 WG

Fuente: Elaboración propia

2.12.12. Cosecha

Se realizó previa observación, cuando la pella tomó una consistencia dura a la presión con los dedos sobre la cabeza de lechuga, para lo cual se utilizó un cuchillo para cortar a la altura del cuello de las plantas de lechuga que formaron un repollo comercial, posteriormente se efectuó la selección, conteo de cabezas comerciales y no comerciales y finalmente el pesado de rendimiento. La cosecha se inició el 07 de marzo del 2022, a los 2.0 a 2.5 meses después del trasplante.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

3.1.1. Días a la formación de cabeza

En la tabla 3.1 del ANVA de días a la formación de cabeza, se aprecia que en los efectos principales de niveles de Kelpak (K) existe alta significación estadística; no se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra (D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general de días a la formación de cabeza fue de 51.94 ddt. El coeficiente de variación fue de 3.76 % valor que refleja la precisión del experimento.

Tabla 3.1

Análisis de variancia del número de días a la formación de cabeza en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	8.722	4.361	1.14	0.3371 ns
Kelpak (K)	3	88.556	29.519	7.74	0.0010 **
Densidad (D)	2	7.389	3.694	0.97	0.3954 ns
Int. K x D	6	39.278	6.546	1.72	0.1644 ns
Error	22	83.944	3.816		
Total	35	227.889			

C.V. = 3.76%

Al realizar la prueba de contraste de Tukey del número de días a la formación de cabeza (tabla 3.2) no existe diferencia entre los niveles de Kelpak de 0.0, 2.5 l ha⁻¹ y 1.5 l ha⁻¹, con promedios de 53.33, 53.22 y 51.78 ddt, respectivamente. Cuando se

aplicó 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak la precocidad fue de 49.44 ddt a la formación de cabeza, con diferencia significativa con las aplicaciones de 0.0, 1.5 y 2.5 l ha⁻¹.

Tabla 3.2

Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de Kelpak para el número de días a la formación de cabeza en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak l.ha ⁻¹	Promedio ddt	R	Tukey	
0.0	53.33	9	a	
2.5	53.22	9	a	
1.5	51.78	9	a	b
3.5	49.44	9		b

DSM = 2.56

Del resultado se interpreta que la aplicación de Kelpak a la dosis de 3.5 l ha⁻¹ acelera la formación de las cabezas o repollos de lechuga, debido a que el contenido de nutrientes y auxinas de Kelpak estimulan a la planta acelerando la formación de repollos o cabezas.

3.1.2. Días al inicio de cosecha

En la tabla 3.3 de ANVA de días al inicio de cosecha de cabezas de lechuga se aprecia que existe diferencia altamente significativa en el efecto principal de niveles de Kelpak (K); no se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra (D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general el número de días al inicio de cosecha de cabeza de lechuga fue de 63.33 ddt. El coeficiente de variación fue de 2.73 %, valor que indica la precisión del experimento.

Tabla 3.3

Análisis de variancia del número de días al inicio de cosecha en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloque	2	8.167	4.083	1.36	0.2763 ns
Kelpak (K)	3	118.222	39.407	13.17	<.0001**
Densidad (D)	2	1.167	0.583	0.19	0.8243 ns
Int. K x D	6	8.611	1.435	0.48	0.8162 ns
Error	22	65.833	2.992		
Total	35	202.000			

C.V. = 2.73%

En la tabla 3.4. de la prueba de contraste de Tukey (0.05), de los efectos principales de niveles de Kelpak; en el número de días a la cosecha de lechuga no existe diferencia entre los niveles de Kelpak de 1.5, 2.5 y 3.5 l ha⁻¹, con promedios de 63.33, 62.44 y 61.33 ddt respectivamente. Cuando se aplicó 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak la precocidad fue de 61.33 ddt, con diferencia significativa al testigo (0.0 l ha⁻¹ de Kelpak) de 66.22 ddt a la cosecha de lechuga. De los resultados se puede concluir que, el bioestimulante Kelpak reduce la precocidad del cultivo, ratificando el efecto de los nutrientes y auxina que contiene este producto natural.

Tabla 3.4

Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales niveles de Kelpak para el número de días al inicio de cosecha en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak l.ha⁻¹	Promedio ddt	Tukey
0.0	66.22	a
1.5	63.33	b
2.5	62.44	b
3.5	61.33	b

DSM = 2.26

Jaramillo (2016), afirma que,

en la variedad de Grandes Lagos, tradicionalmente sembrada en la región, de buen comportamiento en general en las épocas de mayor temperatura; en

periodos de muy baja temperatura y alta nubosidad tiende a la formación de cabezas más flojas, que son preferidas en el mercado de la región. El tiempo para la cosecha es de: 55-60 días; peso promedio de cabeza: 600-700 gramos; resistencia o tolerancia a enfermedades: resistente a la quemadura de las puntas. Esta información concuerda con los encontrado en el experimento en Canaán-Ayacucho.

Palomino (2014) en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, al utilizar niveles de guano de islas para días a la cosecha de lechuga, encontró que, con 0.0 t ha⁻¹ de guano de isla se reporta menos días de cosecha con 78 días, diferenciándose estadísticamente del resto de los niveles de guano de islas que reportaron valores de 90, 88 y 88 días con 2.0, 3.0 y 1.0 t ha⁻¹ de guano de islas, respectivamente. También, reportó que la densidad de plantas de 100,000 plantas ha⁻¹ con 79.50 días a la cosecha, alcanzó en menor tiempo ese estado fenológico, diferenciándose estadísticamente de las densidades de plantas de 66,667 y 50,000 plantas ha⁻¹ que reportaron 88.50 y 90 días a la cosecha, respectivamente.

Estos resultados se deben a la competencia intraespecífica que existe entre plantas de lechuga por nutrientes, agua, luz y espacio.

Los datos encontrados en el experimento para el número de días al inicio de la cosecha variaron de 61.33 a 66.22 ddt, y son menores a los encontrados por Palomino (2014) que utilizó guano de islas, cuya descomposición y mineralización es lenta en comparación con Kelpak y por otro lado las condiciones ambientales, que aceleran el metabolismo del cultivo de lechuga.

3.2. Variables de rendimiento

3.2.1. Altura polar de la pella en cm

En la tabla 3.5. del ANVA de la altura polar de la pella de la lechuga se encontró diferencia altamente significativa en el efecto principal de niveles de Kelpak (K); no se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra

(D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general de la altura polar de la pella de la lechuga fue de 16.24 cm. El coeficiente de variación fue de 4.14 %. Que demuestra la precisión del experimento.

Tabla 3.5

Análisis de variancia de altura polar de la pella de la Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloque	2	4.540	2.270	5.03	0.0158 *
Kelpak (K)	3	8.839	2.946	6.53	0.0025 **
Densidad (D)	2	1.449	0.725	1.61	0.2232 ns
Int. K x D	6	2.552	0.425	0.94	0.4849 ns
Error	22	9.921	0.451		
Total	35	27.301			

C.V. = 4.14%

En la Tabla 3.6. de la prueba de Tukey de los efectos principales de niveles de Kelpak, en la altura polar de la pella de la lechuga; en el diámetro polar de la pella de la lechuga no se encontró diferencia entre los niveles de Kelpak de 1.5, 2.5 y 3.5 l ha⁻¹, con promedios de 16.46, 16.52 y 16.58 cm; respectivamente y son superiores al tratamiento sin Kelpak que tuvo una altura polar en promedio de 15.38 cm.

Esta diferencia lograda con la aplicación de Kelpak se atribuye a que el bioestimulante Kelpak, que contiene nutrientes solubles y auxinas y citoquininas promueven la división celular, metabolismo de las plantas y mayor crecimiento de las plantas de lechuga.

Tabla 3.6

Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de Kelpak para la altura polar de la pella en lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak 1 ha⁻¹	Promedio cm	Tukey
3.5	16.58	a
2.5	16.52	a
1.5	16.46	a
0.0	15.38	b

DSM = 0.88

Martínez (2019), al realizar medición a los 60 días, encontró que, “el tratamiento 4 con 2 kg m⁻² de biosol (B2,0) presentó la mayor altura de planta, con una media de 15,25 cm y el tratamiento 1 con 0 kg m⁻² de biosol (B0,0) presentó menor altura de planta con una media de 12,84 cm”. Este resultado es similar a encontrado en el presente experimento en condiciones de Canaán.

Rojas (2015), en su trabajo conducido en la localidad de Lamas a 835 msnm,

obtuvo empleando tratamientos T4 (1 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) el promedio más alto con 26,3 cm de altura de planta siendo estadísticamente igual a los tratamientos T3 (0,75 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y T2 (0,5 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) donde se obtuvieron promedios de 24,4 cm y 23,4 cm de altura de planta; respectivamente. El tratamiento T4 (1 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) superó a los tratamientos T1 (0,25 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y TO (testigo) donde se obtuvieron los promedios más bajos con 22, 1 cm y 21, 1 cm de altura de planta; respectivamente.

Estos resultados son mayores al logrado en nuestro experimento, puede atribuirse a las condiciones climáticas donde se condujo el experimento. En el presente experimento, el diámetro polar de la pella en lechuga varió de 15.38 a 16.58 cm para los tratamientos de 0.0 l ha⁻¹ de Kelpak y 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak.

3.2.2. Diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga en cm

La tabla 3.7. del ANVA de diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga, se encontró diferencias altamente significativas en los efectos principales de niveles de Kelpak (K). No se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra (D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general del diámetro ecuatorial de cabeza de lechuga fue de 16.22 cm. El coeficiente de variación fue de 5.10 % que indica la precisión del experimento.

El resultado indica nos indica que la densidad de plantas, reflejado en la distancia entre plantas no influyen mayormente en esta variable de estudio, es decir que la menor distancia es más que suficiente para la planta de lechuga.

Tabla 3.7

Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de la pella en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	10.859	5.430	7.93	0.0026 *
Kelpak (K)	3	23.432	7.811	11.41	0.0001 **
Densidad (D)	2	4.253	2.127	3.11	0.0649 ns
K x D	6	6.424	1.071	1.56	0.2048 ns
Error	22	15.065	0.685		
Total	35	60.033			

C.V. = 5.10%

La tabla 3.8. de la prueba de Tukey (0.05) del diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga muestra que no hay diferencia estadística entre los niveles de Kelpak (K) de 1.5, 2.5 y 3.5 l ha⁻¹, con promedios de 16.54, 16.42 y 17.03 cm; respectivamente, con diferencia significativa frente al testigo (sin Kelpak (K)) que reportó 14.88 cm de diámetro ecuatorial. Con la aplicación de 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se obtuvo mayor respuesta en diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga con 17.03 cm. resultado que indica también que los distanciamientos entre plantas no influyen mayormente en la variable en estudio.

Martínez (2019) encontró “mayor diámetro de repollo en el tratamiento de fertilización convencional (F.C), con una media de 9,95 cm, mientras que el tratamiento 4 con 2 kg m⁻² de biosol (B2,0), presentó el menor diámetro ecuatorial, con una media de 7,73 cm”.

Tabla 3.8

Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de Kelpak para el diámetro ecuatorial de la pella en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak l ha⁻¹	Promedio cm	Tukey
3.5	17.03	a
1.5	16.54	a
2.5	16.42	a
0.0	14.88	b

DSM = 1.08

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que,

al utilizar niveles de 3.0 y 1.0 t ha⁻¹ de guano de isla se reportó los mayores diámetros de cabeza de lechuga con 9.60 y 9.21 cm; respectivamente. Con niveles de 2.0 y 0 tha⁻¹ de guano de isla se reportó valores del diámetro de cabeza con valores de 9.02 y 8.92 cm. Asimismo reporta que la densidad de plantas influye en el diámetro de la cabeza de lechuga; las plantas con menor densidad, como 50,000 y 66,667 plantas ha⁻¹ alcanzaron los valores con 9.30 a 9.40 cm. La mayor densidad de 100,000 plantas ha⁻¹ reportó 8.86 cm. Los resultados obtenidos en este experimento en forma general afirman que el mayor diámetro de cabeza fue resultado principalmente del manejo agronómico, proporcionado por el mayor nivel de estiércol de guano de islas y el riego por goteo. A mayor distanciamiento entre planta, existe una menor población de plantas; por tanto, se refleja en un mayor diámetro de cabeza de repollo de lechuga. Con un mayor nivel de estiércol de guano de isla también se refleja en un mayor diámetro de cabeza.

Comparando con los resultados de diámetro ecuatorial de los trabajos mencionados con los encontrados en el presente experimento, nuestros datos son superiores; esta diferencia se puede atribuir al efecto del Kelpak y el manejo adecuado, asimismo a las condiciones ambientales del cultivo que hicieron propicio el buen desarrollo de las lechugas.

El diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga varió de 14.88 a 17.03 cm para los tratamientos de 0.0 l ha⁻¹ de Kelpak –3.5 l ha⁻¹ de Kelpak.

3.2.3. Número de pellas o cabezas comerciales por hectárea

En la tabla 3.9 del ANVA de numero de pellas o cabezas comerciales de lechuga, se encontró diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) del número de pellas o cabezas comerciales por hectárea en la fuente de variación de densidad. No se encontró diferencia significativa en el efecto principal Kelpak (K) y la interacción de estos dos factores K x D. El promedio general de número de pellas o cabezas por hectárea fue de 75,926 unidades ha⁻¹. El coeficiente de variación fue de 5.74 %; valor que indica la precisión del experimento.

Tabla 3.9

Análisis de variancia del número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	83614429	41807215	2.20	0.1344 ns
Kelpak (K)	3	47265124	15755041	0.83	0.4917 ns
Densidad (D)	2	5579832600	2789916300	146.95	<.0001**
K x D	6	86381983	14396997	0.76	0.6100 ns
Error	22	417684184	18985645		
Total	35	6214778320			

C.V. = 5.74%

En la tabla 3.10. de la prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de densidad de plantas para el número de pellas o cabezas comerciales por hectárea, existe una diferencia significativa entre la densidad de plantas de 71 439, 83 333 y 100 000,

con promedios de 62,240, 73,177 y 92,361 pellas o cabezas comerciables de lechuga respectivamente. La densidad de plantas es un factor importante en el número de pellas o cabezas.

Tabla 3.10

Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de la densidad de siembra entre planta para el número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Densidad plantas	Promedio	Tukey
Plantas/ha	und ha ⁻¹	
100,000	92,361	a
83,333	73,177	b
71,429	62,240	c

DSM = 56,010

La respuesta alcanzada con las densidades de plantas estudiadas en el presente experimento; se atribuye, al número de plantas que se establecieron en cada densidad y también a la competencia interespecífica que se establecieron, pues cuanto más cerca en distancia están las plantas existe mayor competencia interespecífica, pero en forma global también se tiene mayor biomasa.

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que,

al utilizar niveles de guano de islas de 2.0, 1.0 y 3.0 t ha⁻¹ con rango de 112,400, 108,150 y 107,600 de lechugas comerciales, respectivamente, no encontró diferencia estadística entre ellos, éstos superan al tratamiento testigo, sin guano de islas que alcanzó 92,400 lechugas comerciales. Para el número de lechugas comerciales encontró lo siguiente: la densidad de 100,000 plantas ha⁻¹ con 124,300 lechugas comerciales, es superior a 66,667 y 50,000 con 102,500 y 88,616 plantas ha⁻¹ lechugas comerciales; respectivamente.

Esta respuesta es similar al logrado en el presente experimento, habiéndose logrado también la mayor cantidad de lechugas comerciales con la densidad de 100,000 plantas/ha.

El número de pellas o cabezas comerciales en lechuga por parcela varió de 61,805 a 95,139 unidades/ha para los tratamientos de 0.0 l ha⁻¹ de Kelpak – 71,429 plantas y 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak – 100,000 plantas.

3.2.4. Peso de pella o cabeza de lechuga en kg.

En la tabla 3.11. del ANVA de peso de pella o cabeza de lechuga, se encontró diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) en los efectos principales de niveles de Kelpak(K) y en los efectos principales de la densidad de plantas (D). No se encontró diferencia estadística en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general del peso unitario de la lechuga fue de 1.21kg. El coeficiente de variación fue de 9.10 %, valor que indica la precisión del experimento.

Tabla 3.11

Análisis de variancia del peso de la pella o cabeza de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	0.067	0.033	2.76	0.0853 ns
Kelpak (K)	3	0.620	0.207	17.07	<.0001**
Densidad (D)	2	0.134	0.067	5.56	0.0111*
K x D	6	0.080	0.013	1.10	0.3961 ns
Error	22	0.266	0.012		
Total	35	1.167			

C.V. = 9.10%

En la tabla 3.12. de la prueba de Tukey, de los efectos principales de niveles de Kelpak (K) para el peso unitario de pella o cabeza; el mayor peso de pella o cabeza se obtuvo con los niveles de Kelpak (K) de 3.5 y 2.5 l ha⁻¹ con valores de 1.363 y 1.280 kg, respectivamente sin diferencia estadística entre estos niveles. El testigo sin aplicación de Kelpak (K) presentó menor peso, con 1.011 kg por pella o cabeza de

lechuga. Estos resultados fueron en promedio por efecto de la densidad de plantas estudiadas.

Las respuestas demuestran que al incrementar los niveles de Kelpak aplicado al cultivo se incrementa el peso de las cabezas de lechuga, y ratifica la bondad de este producto que contiene nutrientes y productos auxínicos que favorecen el desarrollo y crecimiento de la planta de lechuga.

Tabla 3.12

Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de Kelpak (K) para el peso de la pella o cabeza de la Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak	Promedio	Tukey	
l ha⁻¹	kg		
3.5	1.363	a	
2.5	1.280	a	b
1.5	1.182		b
0.0	1.011		c

DSM = 0.14

Palomino (2014) en base a los resultados logrados en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que, “al utilizar 3.0 t ha⁻¹ de guano de islas se alcanza el mayor peso de cabezas de lechuga con 0.74 kg, seguido por el nivel de 2.0 t ha⁻¹ de guano de isla con 0.71 kg y con la aplicación de 1.0 t ha⁻¹ se encontró 0.67 kg y sin aplicación de guano de isla 0.63 kg”.

Dichos resultados concuerdan con los encontrados en el presente trabajo de investigación, pero en cuanto a los niveles creciente de Kelpak (K), se puede indicar que aplicando 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K), en forma general se observa un mayor incremento en el peso de la pella o cabeza de la lechuga en comparación con el nivel de 1.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K); este resultado indica que el nivel apropiado para un mayor peso de pella o cabeza se logra con 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K).

Según la prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de la densidad de plantas para el peso de la pella o cabeza de la lechuga hay diferencia significativa empleando 71,429 plantas/ha, con un valor de 1.295 kg; cuando la distancia de siembra entre plantas es de 100,000 y 83,333 se obtienen promedios de 1.163 kg y 1.168 kg respectivamente y no hay diferencia significativa entre ellos (tabla 3.13.) los resultados mostrados son en promedio de los niveles de Kelpak (K).

El resultado de la prueba de Tukey muestra que las plantas con menor densidad de plantas (plantas más distanciadas) alcanzar mayor peso de cabeza de lechuga, lo que se atribuye a que las plantas en esta densidad tuvieron menor competencia intraespecífica por nutrientes, agua, luz y espacio; mientras que las mayores densidades de plantas que fueron 83,333 y 100,000 plantas/ha tuvieron menor peso de pella o cabeza de la lechuga.

Tabla 3.13

Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de densidad de plantas para el peso de la pella o cabeza de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Densidad de plantas	Promedio kg	Tukey
71,429	1.295	a
83,333	1.168	b
100,000	1.163	b

En otros trabajos de investigación se han logrado resultados similares como el de Palomino (2014) en su experimento conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, encontró que, “utilizando la densidad de 50,000 plantas ha⁻¹ y 66,667 plantas ha⁻¹ alcanzó mayor peso de la cabeza de lechuga de 0.70 kg a 0.73 kg, mientras con la mayor densidad de plantas (100,000 plantas ha⁻¹), encontró un menor valor de peso promedio de la lechuga con 0.63 kg. Se observa una respuesta progresiva respecto al peso de la pella o cabeza de la lechuga al incremento de niveles de Kelpak (K)”.

Los tratamientos estudiados para el peso de cabeza de lechuga variaron de 0.939 a 1.537 kg para los tratamientos de 0.0 l ha⁻¹ de Kelpak – 83,333 plantas y 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak – 71,429 plantas, respectivamente.

3.2.5. Rendimiento de cabezas comerciales de lechuga (kg ha⁻¹)

Tabla 3.14

*Análisis de variancia del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha⁻¹).
Canaán 2750 msnm – Ayacucho*

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	101006445	50503222	0.79	0.4666 ns
Kelpak (K)	3	781382355	260460785	4.07	0.0192 *
Densidad (D)	2	2633829882	1316914941	20.58	<0.0001 **
K x D	6	974781403	162463567	2.54	0.0507 ns
Kelpak en d1	3	452897253	150965751	2.36	0.0991 ns
Kelpak en d2	3	818807961	272935987	4.27	0.0161 *
Kelpak en d3	3	484458544	161486181	2.52	0.0840 ns
Densidad en k0	2	1565515938	782757969	12.24	0.0001 **
Densidad en k1	2	41232639	20616319	0.32	0.8092 ns
Densidad en k2	2	404055854	202027927	3.16	0.0450 *
Densidad en k3	2	1597806854	798903427	12.49	0.0001 **
Error	22	1407450557	63975025	1.00	
Total	35	5898450642			

C.V. =10.11%

En la tabla 3.14. del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, se observa la diferencia estadística para el efecto principal de la aplicación de Kelpak (K) y alta significación estadística para la densidad de plantas (D); no se observa significación estadística en los efectos de interacción K x D. Sin embargo, al considerar las interacciones se encontró diferencia significativa en los efectos de Kelpak en la densidad de plantas 83,333 plantas, así mismo en densidad de plantas en Kelpak 0 (0.0 l ha⁻¹), densidad de plantas en Kelpak 2 (2.50 l ha⁻¹) y densidad de plantas en Kelpak 3 (3.50 l ha⁻¹). El promedio general de rendimiento de pellas o cabezas de lechuga

comerciables fue 79,127 kg ha⁻¹. Las diferencias se analizaron mediante la prueba de Tukey.

El coeficiente de variabilidad 10.11% es aceptable para experimentos de campo; este parámetro nos mide la confiabilidad o precisión del experimento.

Tabla 3.15

Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha⁻¹).

Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamiento t	Kelpak l ha ⁻¹	Densidad De plantas	Promedio kg ha ⁻¹	Tukey	
t10	3.5	100,000	96,042	a	
t01	0.0	100,000	95,417	a	
t04	1.5	100,000	86,250	a	
t07	2.5	100,000	81,563	a	
t05	1.5	83,333	83,125	a	
t08	2.5	83,333	65,292	a	
t11	3.5	83,333	63,979		b
t02	0.0	83,333	63,125		b
t06	1.5	71,429	88,334	a	
t03	0.0	71,429	80,104	a	
t12	3.5	71,429	74,729	a	
t09	2.5	71,429	71,563	a	
t01	0.0	100,000	95,417	a	
t03	0.0	71,429	80,104	a	b
t02	0.0	83,333	63,125		b
t06	1.5	71,429	88,334	a	
t04	1.5	100,000	86,250	a	
t05	1.5	83,333	83,125	a	
t07	2.5	100,000	81,563	a	
t09	2.5	71,429	71,563		b
t08	2.5	83,333	65,292		b
t10	3.5	100,000	96,042	a	
t12	3.5	71,429	74,729		b
t11	3.5	83,333	63,979		b

En la tabla 3.15. de la prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, no se encontró diferencia significativa del peso de

cabezas comerciales por efecto de los niveles de Kelpak en la densidad de 100,000 plantas. Entre los niveles de Kelpak en la densidad 83,333 plantas, se encontró diferencia estadística significativa del peso de pellas o cabezas de lechuga comerciales, donde los niveles de Kelpak de 1.5 y 2.5 l ha⁻¹ con promedios de 83,125 y 65,292 kg ha⁻¹ son similares, pero superan a los niveles de Kelpak de 3.5 y 0.0 l ha⁻¹ que no presentan diferencia estadística. En los niveles de Kelpak con la densidad 71,429 plantas no se encontró diferencia estadística significativa del rendimiento de cabezas comerciales. Entre la densidad de plantas sin aplicación de Kelpak, se encontró diferencia estadística significativa del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, las densidades de 100,000 y 71,429 plantas obtuvieron 95,417 y 80,104 kg ha⁻¹ de rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales sin diferencia estadística significativa, mientras que la densidad 83,333 plantas obtuvo el menor rendimiento con 63,125 kg ha⁻¹. Entre las densidades de plantas con el nivel de Kelpak de 1.5 l ha⁻¹ no se encontró diferencia estadística significativa en el rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales. Entre las densidades de plantas, con el nivel de Kelpak de 2.5 l ha⁻¹ se encontró diferencia estadística significativa de rendimiento de pellas o cabezas comerciales de lechuga, la densidad 100,000 plantas con 81,563 kg ha⁻¹ de pellas o cabezas comerciales es superior a 71,429 plantas y 83,33 plantas que no se diferencian estadísticamente, que presentaron rendimientos de cabezas comercial de 71,563 kg ha⁻¹ y 65,292 kg ha⁻¹, respectivamente. Entre las densidades de plantas con el nivel de Kelpak de 3.5 l ha⁻¹, la densidad de plantas de 100,000 plantas reportó rendimiento significativamente superior con 96,042 kg ha⁻¹ frente a las densidades 71,429 plantas y 83,333 plantas, sin diferencia entre ellos, que mostraron rendimiento de pellas o cabezas comerciales de 74,729 kg ha⁻¹ y 63,979 kg ha⁻¹, respectivamente.

De manera general se puede mencionar que tanto los niveles de Kelpak aplicados, como las densidades de plantas estudiadas tiene respuestas diferentes según la densidad aplicada o el nivel de Kelpak aplicado.

Algunos trabajos de investigación realizados reportan resultados similares.

Martínez (2019), en su trabajo conducido en campus Querochaca a 2865 msnm encontró que “con la fertilización convencional (F.C) el mayor rendimiento con una media de 94,499.34 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento 3 aplicación de biosol de 1 kg m⁻² (B1,0) y tratamiento 4 con 2 kg m⁻² de biosol (B2,0), encontraron rendimiento de la lechuga que va de 59,074.00 a 61,516.00 kg ha⁻¹”.

Rojas (2015), en su trabajo conducido en la localidad de Lamas a 835 msnm encontró: “con el tratamiento T4 (1 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) el promedio más alto de rendimiento con 42,856.25 kg ha⁻¹, superando a los tratamientos T3 (0,75 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T2 (0,5 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T1 (0,25 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y TO (testigo) que reportaron promedios de 38 950.00 kg ha⁻¹, 31 181.25 kg ha⁻¹, 21 062.50 kg ha⁻¹, 17 081.25 kg ha⁻¹; respectivamente”.

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que al utilizar 3.0 t ha⁻¹ de guano de islas encontró el mayor rendimiento de lechuga con 79,366.7 kg ha⁻¹, seguido por el nivel de 2.0 t ha⁻¹ que presenta 73,183.3 kg ha⁻¹ y con la aplicación de 1.0 t ha⁻¹ de guano de islas reportó 63,650.0 kg ha⁻¹, mientras sin la aplicación de guano de islas se obtuvo 62,666.7 kg ha⁻¹. Empleando densidades de 100,000 plantas ha⁻¹ obtuvo 75,783.3 kg ha⁻¹, superando a las densidades de 66 667 y 50 000 plantas ha⁻¹ con 69,300.0 y 64,066.7 kg ha⁻¹; respectivamente.

Los resultados de los rendimientos de pellas o cabezas comerciales de lechuga obtenidos en el presente experimento se atribuyen al buen manejo agronómico del cultivo y la aplicación de un nivel adecuado de Kelpak (K), juntamente a las condiciones de humedad y riego complementario por goteo. También se ha demostrado que a menor densidad de plantas se obtiene menor rendimiento de pellas o cabezas comerciales y lo contrario es a menor densidad se obtiene mayor peso de cabezas comerciales de lechuga. También se ha demostrado con el experimento que al elevar los niveles de aplicación de Kelpak se obtienen mayor rendimiento de pellas o cabezas comerciales de lechuga, corroborando el uso de este producto en el cultivo de lechuga.

3.3. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio

Tabla 3.16

Análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio de la lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Niveles de Kelpak (k) y densidad	Rdto (kg.ha ⁻¹)	Costo de producción (s/.)	Precio de venta x kg (s/.)	Beneficio bruto (s/.)	Beneficio neto (s/.)	Rentabilidad (B/C)
Sin Kelpak-100,000 pl	95,417	13,607.00	0.60	57,250	43,643	2.21
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	86,250	13,920.50	0.80	69,000	55,080	2.96
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	81,563	14,019.50	1.00	81,563	67,544	3.82
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	96,042	14,118.50	1.00	96,042	81,924	4.80
Sin Kelpak-83,333 pl	63,125	12,837.00	0.60	37,875	25,038	0.95
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	83,125	13,150.50	0.80	66,500	53,350	3.06
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	65,292	13,249.50	1.00	65,292	52,043	2.93
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	63,979	13,348.50	1.00	63,979	50,631	2.79
Sin Kelpak-71,429 pl	80,104	12,177.00	0.60	48,062	35,885	1.95
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	88,334	12,490.50	0.80	70,667	58,177	3.66
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	71,563	12,589.50	1.00	71,563	58,974	3.68
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	74,729	12,688.50	1.00	74,729	62,041	3.89

En la tabla 3.16., del Análisis de la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio de la lechuga se determina que, la rentabilidad y la utilidad bruta son factores de gran importancia en la decisión de la aplicación de un determinado tratamiento con fines comerciales. En la tabla 3.16 se observa el mayor mérito económico es para el uso de 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) con una densidad de plantas de 100,000 plantas que reporta una rentabilidad de 4.80. En la práctica esto representa una ganancia de 480 nuevos soles al invertir 100 nuevos soles.

CONCLUSIONES

1. La cosecha con los niveles de 0.0, 1.5 y 2.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 66.22, 63.33 y 62.44 ddt. Con el nivel 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 61.33 ddt resultando ser el más precoz.
2. El mayor peso de cabeza de lechuga se obtuvo con la aplicación de 3.5 y 2.5 L ha⁻¹ de Kelpak (K) con 1.363 y 1.280 kg, respectivamente. Con la densidad de 71,429 plantas de lechuga se alcanzó el mayor peso de lechuga con 1.295 kg.
3. El mayor rendimiento de cabezas de lechuga se obtuvo con 3.5 L ha⁻¹ de Kelpak, mientras que la densidad de 100,000 plantas alcanzó el mayor rendimiento de cabezas con 96,042 kg ha⁻¹.
4. La mayor rentabilidad se obtuvo con el nivel de Kelpak de 3.5 l ha⁻¹ y con la densidad de 100,000 plantas se obtuvo una rentabilidad de 4.80.

RECOMENDACIONES

1. Bajo las condiciones de la localidad de Canaán es recomendable la siembra de lechuga con aplicación de Kelpak (K) 3.5 l ha^{-1} a una densidad de 100,000 plantas por ha^{-1} .
2. Recomendar la siembra de la lechuga utilizando el nivel de Kelpak de 3.5 l ha^{-1} que favorece la precocidad a la cosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroactivo. (2023). Ficha técnica -Kelpak. <https://agroactivocol.com/wp-content/uploads/2022/10/FICHA-TECNICA-KELPAK.pdf>
- Baca, C.G. (2015). Efecto de tres dosis de biol en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. var. capitata híbrido iceberg, en Moche, Trujillo – La Libertad. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo – Perú. 54 p. Disponible en:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7486/Baca%20Romero%20Christian%20Germ%C3%A1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BASF Agricultural Solutions. (2023). Kelpak® - Bioestimulante con certificación orgánica. <https://agriculture.basf.com/pe/es/proteccion-de-cultivos/productos/kelpak.html>
- Bashir, M., Rehim, A. y Raza, Q. (2021). Bioestimulantes como estimuladores del crecimiento de las plantas en la agricultura modernizada y la sostenibilidad ambiental.
https://www.researchgate.net/publication/352019741_Biostimulants_as_Plant_Growth_Stimulators_in_Modernized_Agriculture_and_Environmental_Sustainability
- Brocco, J., Martínez, P., & Otegui, J. (2015). Evaluación de crecimiento y sanidad en una plantación de *Eucalyptus maidenii* en función del agregado de fertilizantes con y sin bioestimulantes. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de la República. Disponible en:
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8790/1/3983bro.pdf>
- Bioestimulantes agrícolas.net. (2023). Extractos de alga *Ecklonia máxima*. <https://www.bioestimulantesagricolas.net/extractos-de-alga-ecklonia-maxima/#:~:text=El%20alga%20Ecklonia%20maxima.&text=Tambi%C3%A9n%20es%20conocida%20con%20el,fr%C3%ADas%20y%20ricas%20en%20nutrientes.>
- Cacñahuaray, E. (2021). Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes. Ayacucho.

<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9d6201f2-0162-4f3b-81c5-b1f1eabfe2db/content>

- De Vries, I.M. (1997). Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. Genetic Resources and Crop evolution 44(2): 167-174. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1008611200727>
- Díaz, J. (2014). Evaluación de la calidad y rendimiento en frutos de duraznero (*Prunus persica* L.) y peral (*Pyrus communis* L.) en tres huertos mixtos, afectados por insectos, en Santiago Papasquiaro. Tesis de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/21643>.
- Espinoza, A. Hernández, R. y Gonzales, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n4/2074-8647-bvg-20-04-257.pdf>
- Estudillo, A. (2017). Efecto de extractos de algas marinas y aminoácidos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema de raíz flotante. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42211>.
- FAOSTAT. Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Revisado el 18 de mayo de 2023. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- García, M. (2013). Cultivos herbáceos intensivos. Universidad de Valladolid. Disponible en: <https://es.scribid.com/document/169802602/Cultivo-de-La-Lechuga>.
- Garden Seeds Market. (2023). Lechuga iceberg - Great Lakes 118 - 2400 semillas - *Lactuca sativa* L. <https://gardenseedsmarket.com/lechuga-iceberg-great-lakes-118.html#:~:text=La%20lechuga%20%22Great%20Lakes%20228,empacadas%2C%20ligeramente%20arrugadas%20y%20corrugadas>.
- Gutiérrez, Y. (2016). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2590/F04-G8834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- INTAGRI. (2015). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>
- Japón, J. (1977). La lechuga. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf
- Jaramillo, J.; Aguilar, P.; Espitia, E.; Tamayo, P.; Arguello, O. & Guzmán, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/Ver_documento_13758.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kelpak. (2020). Bioestimulante líquido de algas marinas. Disponible en: <https://www.Kelpak.com/Kelpakspanish.html>.
- Lasluiza, M. (2022). Determinación de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en la lechuga (*Lactuca sativa*) que se cultiva en la parroquia Presidente Urbina del cantón Píllaro. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34930/1/AL%20821.pdf>
- La Rosa, O. (2015). Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones del valle del Rímac, Lima. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 57p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/948>
- Lakshmi, V. (2009). Las Plantas y sus Propiedades Curativas. Ediciones Gnosis Internacional Biblioteca Mayab. 43 p.
- López, B. (2016). Diagnóstico de la Producción de Lechuga Hidropónica (*Lactuca sativa* L.) en el Valle Santa Catalina Trujillo-La Libertad. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo – Perú.
- Madueño, F. M. (2017). Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Martínez, B. (2019). “Evaluación del biosol generado en la producción de biogas, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.

- <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29476/1/Tesis-229%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20630.pdf>
- MINAGRI. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf
- Miranda, J. y Sánchez, R. (2017). Efecto de la configuración de la plantación en el rendimiento y rentabilidad de lechuga en campo abierto. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d775176c-00b9-4920-85d2-b95e9edf5967/content>
- Moreno, S. (2017). Extractos de algas marinas en el rendimiento y calidad de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo condiciones de Cañete. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2751/F04-M673-T.pdf?sequence=1>
- Navarro Montes. (2023). KELPAK: Bionutriente ecológico de acción auxínica. Disponible en: <https://www.navarromontes.com/ecologico/296-Kelpak.html>
- Muñoz, C., López, J. y Cruz, C. (2023). Bioestimulantes: el futuro de una agricultura sostenible. https://www.researchgate.net/publication/378181870_Bioestimulantes_el_futuro_de_una_agricultura_sostenible
- Palomino, J. (2014). Densidad de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho, 2013. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela profesional de Agronomía. UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/963a482f-5876-400b-80b8-3313128cfa0c>
- Rojas, L. (2015). Rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes 659 con la aplicación de fosfonato de calcio - provincia de Lamas – Tarapoto – Perú, 2013. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- Salazar, L. (2019). Efecto en el rendimiento y calidad del cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. tratadas con solución de algas marinas. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4113>

- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P y Sepulveda, P. (2017). Manual de producción de lechuga. INIA - Chile. Santiago de Chile – Chile. 150 pp. Disponible en: <http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Sánchez, M. (2023). Lechuga: descubre sus beneficios y valor nutricional. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20210308/6264234/lechuga-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>
- Simbaña, E. (2015). Estudio del rendimiento de cuatro hortalizas producidas a partir de semillas de producción artesanal vs. Semillas importadas, en las localidades de Tumbaco- Pichincha y José Guango Bajo- Cotopaxi, 2013. s.l., Universidad Central Del Ecuador. 106 p.
- Stirk, W., Tarkowská, D., Turecová, V., Strnad, M., & Staden, J. (2014). Absciscic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. Journal of Applied Phycology, 26(1), 561–567.
- Tsmach, L. (2022). Influencia de tres densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de lechuga morada (*Lactuca sativa* L.) variedad Black Rose, en la provincia de Lamas. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/5164/1/TESIS-%20Louis%20Gregory%20Tsamach.pdf>
- The Food Tech. (2023). Los bioestimulantes contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos. <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/los-bioestimulantes-contribuyen-a-aumentar-el-rendimiento-de-los-cultivos/>
- Ugás, R, Siura, S, Delgado, F, Casas, A; Toledo, J. (2000). Datos básicos de hortalizas. Lima, Perú – UNALM
- Universidad de Lujan. (2023). La lechuga. <https://www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Lechuga.pdf>
- Valadez, A. (1994). Producción de Hortalizas. Edit. UTEHA Noriega Editores. México.

- Valencia, A. (1995). Cultivo de hortalizas de hoja. Manual N° 3 -95. INIA-Perú.
https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/985/1/Valencia-Cultivo_hortalizas_hojas_col_y_lechuga.pdf
- Velásquez, S. (2019). Densidad de siembra en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Angelina bajo condiciones de La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4232/velasquez-medina-silvana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, J. (2008). Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Tesis para optar el grado de ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo – Ecuador. 120 pp.
- Wagner, E. (2015). Respuesta del cultivo de fréjol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes. Tumbaco, Pichincha. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Central de Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4547>
- Yucra, C. (2019). La carbonatita en el rendimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Patagonia. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4096>

ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción de lechuga sin Kelpak (testigo)

Cultivo : Lechuga Extensión : 1.0 ha
 Variedad : Great lakes Jornal : s/. 50.00
 Tipo de siembra : Indirecta Unidad : Nuevo soles

Especificaciones	Unidad	P. Unit (S/.)	Cantidad	Sub total (S/.)	Total (S/.)
I COSTOS DIRECTOS					12,370.00
1.1 Preparación del terreno					3,470.00
Limpieza de campo	Jornal	50	25.0	1250	
Arado y rastra del suelo	hrs/tr	90	8.0	720	
Mullido del suelo, nivelado y surcado	Jornal	50	30.0	1500	
1.2 Mano de obra					6,400.00
Trasplante	Jornal	50.0	25.0	1250	
Recalce y riego	Jornal	50.0	15.0	750	
Deshierbo	Jornal	50.0	28.0	1400	
Aplicación del tratamiento y foliar	Jornal	50.0	5.0	250	
Control fitosanitario	Jornal	50.0	8.0	400	
Cosecha, pesado y embalado	Jornal	50.0	30.0	1500	
Estibadores	Jornal	50.0	17.0	850	
1.3 Insumos					1,585.00
Semilla	kg	500	0.5	250	
Urea	saco	120	1.0	120	
Fosfato diamónico	saco	130	1.0	130	
Cloruro de potasio	saco	125	1.0	125	
Terrasur (40kg)	saco	30	12.5	375	
Abono foliar Biotec	kg	15	2.0	30	
Adherente	l	45	1.0	45	
Alfa Kling 10 EC	l	140	1.0	140	
Protexín 500 FW	l	120	1.0	120	
Quioxy 50 WE	l	500	0.5	250	
1.4 Materiales					615
Sacos	Unid	2	50	100	
Herramientas	Unid	25	15	375	
Bomba mochila	Alq/día	10	5	50	
Análisis del suelo	Unid	90	1	90	
1.5 Transporte	tn	30	10.0	300	300
II COSTOS INDIRECTOS					1,237.00
Imprevistos	5 % CD			618.5	
Gastos Administrativos	5 % CD			618.5	
Total costo de producción					13,607.00

Anexo 2. Costo de producción de lechuga con 1.5 l ha⁻¹ de Kelpak

Cultivo	: Lechuga	Extensión	: 1.0 ha
Variedad	: Great lakes	Jornal	: s/. 50.00
Tipo de siembra	: Indirecta	Unidad	: Nuevo soles

Especificaciones	Unidad	P. Unit (S/.)	Cantidad	Sub total (S/.)	Total (S/.)
I COSTOS DIRECTOS					12,655.00
1.1 Preparación del terreno					3,470.00
Limpieza de campo	Jornal	50	25.0	1250	
Arado y rastra del suelo	hrs/tr	90	8.0	720	
Mullido del suelo, nivelado y surcado	Jornal	50	30.0	1500	
1.2 Mano de obra					6,550.00
Trasplante	Jornal	50.0	25.0	1250	
Recalce y riego	Jornal	50.0	15.0	750	
Deshierbo	Jornal	50.0	28.0	1400	
Aplicación del tratamiento y foliar	Jornal	50.0	8.0	400	
Control fitosanitario	Jornal	50.0	8.0	400	
Cosecha, pesado y embalado	Jornal	50.0	30.0	1500	
Estibadores	Jornal	50.0	17.0	850	
1.3 Insumos					1,720.00
Semilla	kg	500	0.5	250	
Kelpak	l	90	1.5	135	
Urea	saco	120	1.0	120	
Fosfato diamónico	saco	130	1.0	130	
Cloruro de potasio	saco	125	1.0	125	
Terrasur (40kg)	saco	30	12.5	375	
Abono foliar Biotec	kg	15	2.0	30	
Adherente	l	45	1.0	45	
Alfa Kling 10 EC	l	140	1.0	140	
Protexín 500 FW	l	120	1.0	120	
Quioxy 50 WE	l	500	0.5	250	
1.4 Materiales					615
Sacos	Unid	2	50	100	
Herramientas	Unid	25	15	375	
Bomba mochila	Alq/día	10	5	50	
Análisis del suelo	Unid	90	1	90	
1.5 Transporte	tn	30	10.0	300	300
II COSTOS INDIRECTOS					1,265.50
Imprevistos	5 % CD			632.75	
Gastos Administrativos	5 % CD			632.75	
Total costo de producción					13,920.50

Anexo 3. Costo de producción de lechuga con 2.5 l ha⁻¹ de Kelpak

Cultivo : Lechuga Extensión : 1.0 ha
 Variedad : Great lakes Jornal : s/. 50.00
 Tipo de siembra : Indirecta Unidad : Nuevo soles

Especificaciones	Unidad	P. Unit (S/.)	Cantidad	Sub total (S/.)	Total (S/.)
I COSTOS DIRECTOS					12,745.00
1.1 Preparación del terreno					3,470.00
Limpieza de campo	Jornal	50	25.0	1250	
Arado y rastra del suelo	hrs/tr	90	8.0	720	
Mullido del suelo, nivelado y surcado	Jornal	50	30.0	1500	
1.2 Mano de obra					6,550.00
Trasplante	Jornal	50.0	25.0	1250	
Recalce y riego	Jornal	50.0	15.0	750	
Deshierbo	Jornal	50.0	28.0	1400	
Aplicación del tratamiento y foliar	Jornal	50.0	8.0	400	
Control fitosanitario	Jornal	50.0	8.0	400	
Cosecha, pesado y embalado	Jornal	50.0	30.0	1500	
Estibadores	Jornal	50.0	17.0	850	
1.3 Insumos					1,810.00
Semilla	kg	500	0.5	250	
Kelpak	l	90	2.5	225	
Urea	saco	120	1.0	120	
Fosfato diamónico	saco	130	1.0	130	
Cloruro de potasio	saco	125	1.0	125	
Terrasur (40kg)	saco	30	12.5	375	
Abono foliar Biotec	kg	15	2.0	30	
Adherente	l	45	1.0	45	
Alfa Kling 10 EC	l	140	1.0	140	
Protexín 500 FW	l	120	1.0	120	
Quioxy 50 WE	l	500	0.5	250	
1.4 Materiales					615
Sacos	Unid	2	50	100	
Herramientas	Unid	25	15	375	
Bomba mochila	Alq/día	10	5	50	
Análisis del suelo	Unid	90	1	90	
1.5 Transporte	tn	30	10.0	300	300
II COSTOS INDIRECTOS					1,274.50
Imprevistos	5 % CD			637.25	
Gastos Administrativos	5 % CD			637.25	
Total costo de producción					14,019.50

Anexo 4. Costo de producción de lechuga con 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak

Cultivo	: Lechuga	Extensión	: 1.0 ha
Variedad	: Great lakes	Jornal	: s/. 50.00
Tipo de siembra	: Indirecta	Unidad	: Nuevo soles

Especificaciones	Unidad	P. Unit (S/.)	Cantidad	Sub total (S/.)	Total (S/.)
I COSTOS DIRECTOS					12,835.00
1.1 Preparación del terreno					3,470.00
Limpieza de campo	Jornal	50	25.0	1250	
Arado y rastra del suelo	hrs/tr	90	8.0	720	
Mullido del suelo, nivelado y surcado	Jornal	50	30.0	1500	
1.2 Mano de obra					6,550.00
Trasplante	Jornal	50.0	25.0	1250	
Recalce y riego	Jornal	50.0	15.0	750	
Deshierbo	Jornal	50.0	28.0	1400	
Aplicación del tratamiento y foliar	Jornal	50.0	8.0	400	
Control fitosanitario	Jornal	50.0	8.0	400	
Cosecha, pesado y embalado	Jornal	50.0	30.0	1500	
Estibadores	Jornal	50.0	17.0	850	
1.3 Insumos					1,900.00
Semilla	kg	500	0.5	250	
Kelpak	l	90	3.5	315	
Urea	saco	120	1.0	120	
Fosfato diamónico	saco	130	1.0	130	
Cloruro de potasio	saco	125	1.0	125	
Terrasur (40kg)	saco	30	12.5	375	
Abono foliar Biotec	kg	15	2.0	30	
Adherente	l	45	1.0	45	
Alfa Kling 10 EC	l	140	1.0	140	
Protexín 500 FW	l	120	1.0	120	
Quioxy 50 WE	l	500	0.5	250	
1.4 Materiales					615
Sacos	Unid	2	50	100	
Herramientas	Unid	25	15	375	
Bomba mochila	Alq/día	10	5	50	
Análisis del suelo	Unid	90	1	90	
1.5 Transporte	tn	30	10.0	300	300
II COSTOS INDIRECTOS					1,283.50
Imprevistos	5 % CD			641.75	
Gastos Administrativos	5 % CD			641.75	
Total costo de producción					14,118.50

Anexo 5. Análisis de la rentabilidad económico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Niveles de Kelpak (k) y densidad	Rdto (kg.ha ⁻¹)	Costo de producción (s/.)	Precio de venta x kg (s/.)	Beneficio bruto (s/.)	Beneficio neto (s/.)	Rentabilidad (B/C)
Sin Kelpak-100,000 pl	95,417	13,607.00	0.60	57,250	43,643	2.21
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	86,250	13,920.50	0.80	69,000	55,080	2.96
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	81,563	14,019.50	1.00	81,563	67,544	3.82
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-100,000 pl	96,042	14,118.50	1.00	96,042	81,924	4.80
Sin Kelpak-83,333 pl	63,125	12,837.00	0.60	37,875	25,038	0.95
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	83,125	13,150.50	0.80	66,500	53,350	3.06
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	65,292	13,249.50	1.00	65,292	52,043	2.93
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-83,333 pl	63,979	13,348.50	1.00	63,979	50,631	2.79
Sin Kelpak-71,429 pl	80,104	12,177.00	0.60	48,062	35,885	1.95
1.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	88,334	12,490.50	0.80	70,667	58,177	3.66
2.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	71,563	12,589.50	1.00	71,563	58,974	3.68
3.5 l ha ⁻¹ Kelpak-71,429 pl	74,729	12,688.50	1.00	74,729	62,041	3.89

Anexo 6. Datos de campo del experimento de lechuga

Bloque	Kelpak	Densidad	Formación de cabeza	Inicio de cosecha	Altura polar	Diámetro ecuatorial	Cabezas comerciales	Peso de pella	Rendimiento
b	l.ha ⁻¹	pts.ha ⁻¹	ddt	ddt	cm	cm	und.ha ⁻¹	kg	kg.ha ⁻¹
b1	0.0	100,000	53	65	16.1	15.2	92,332	0.918	97,813
b1	0.0	83,333	55	67	15.7	14.7	74,624	1.049	79,062
b1	0.0	71,429	54	68	15.5	15.5	65,249	1.111	91,042
b1	1.5	100,000	53	61	17.7	18.1	89,207	1.178	90,104
b1	1.5	83,333	52	63	17.1	16.9	72,541	1.145	72,167
b1	1.5	71,429	50	64	17.1	17.0	64,207	1.231	92,708
b1	2.5	100,000	53	63	16.9	16.7	90,249	1.247	70,625
b1	2.5	83,333	52	64	16.3	16.4	72,541	1.080	72,125
b1	2.5	71,429	54	62	16.8	17.5	62,124	1.271	71,292
b1	3.5	100,000	49	61	15.3	16.0	96,499	1.178	80,204
b1	3.5	83,333	50	60	16.3	17.4	74,624	1.480	72,896
b1	3.5	71,429	52	67	17.5	18.2	64,207	1.590	68,396
b2	0.0	100,000	55	68	14.7	14.6	71,499	0.955	98,438
b2	0.0	83,333	53	65	13.6	14.2	68,374	0.888	94,687
b2	0.0	71,429	54	64	15.9	15.5	56,916	1.084	89,480
b2	1.5	100,000	52	63	15.8	15.2	98,582	1.103	100,417
b2	1.5	83,333	53	64	15.8	15.3	70,457	1.113	68,104
b2	1.5	71,429	51	63	16.0	16.3	56,916	1.234	74,271
b2	2.5	100,000	62	62	16.1	13.4	92,332	1.171	94,688
b2	2.5	83,333	52	61	16.0	15.8	67,332	1.270	64,313
b2	2.5	71,429	50	60	16.1	16.0	63,166	1.268	69,729
b2	3.5	100,000	47	61	15.3	15.2	96,499	1.167	81,142
b2	3.5	83,333	49	61	15.7	16.0	72,541	1.110	56,333
b2	3.5	71,429	50	60	17.8	17.6	67,332	1.522	76,834
b3	0.0	100,000	51	65	16.2	16.1	97,541	1.270	91,876
b3	0.0	83,333	53	68	15.6	13.7	76,707	0.880	75,625
b3	0.0	71,429	52	66	15.2	14.3	61,082	0.940	84,480
b3	1.5	100,000	53	64	16.3	16.2	96,499	1.160	95,729
b3	1.5	83,333	50	63	16.1	16.9	78,791	1.210	55,604
b3	1.5	71,429	52	65	16.3	16.7	67,332	1.260	73,333
b3	2.5	100,000	53	64	16.1	15.8	95,457	1.240	93,438
b3	2.5	83,333	52	62	17.2	17.7	75,666	1.440	55,500
b3	2.5	71,429	51	64	17.3	18.4	63,166	1.530	83,167
b3	3.5	100,000	50	61	17.4	18.1	91,291	1.370	83,342
b3	3.5	83,333	48	61	17.2	17.7	71,499	1.350	60,146
b3	3.5	71,429	50	60	16.7	17.1	57,957	1.500	69,459
PROMEDIO			51.94	63.33	16.24	16.22	75,926	1.210	79,127

Anexo 7. Panel fotográfico



Foto 01. Aradura del terreno agrícola



Foto 2. Mullido y nivelado del terreno agrícola

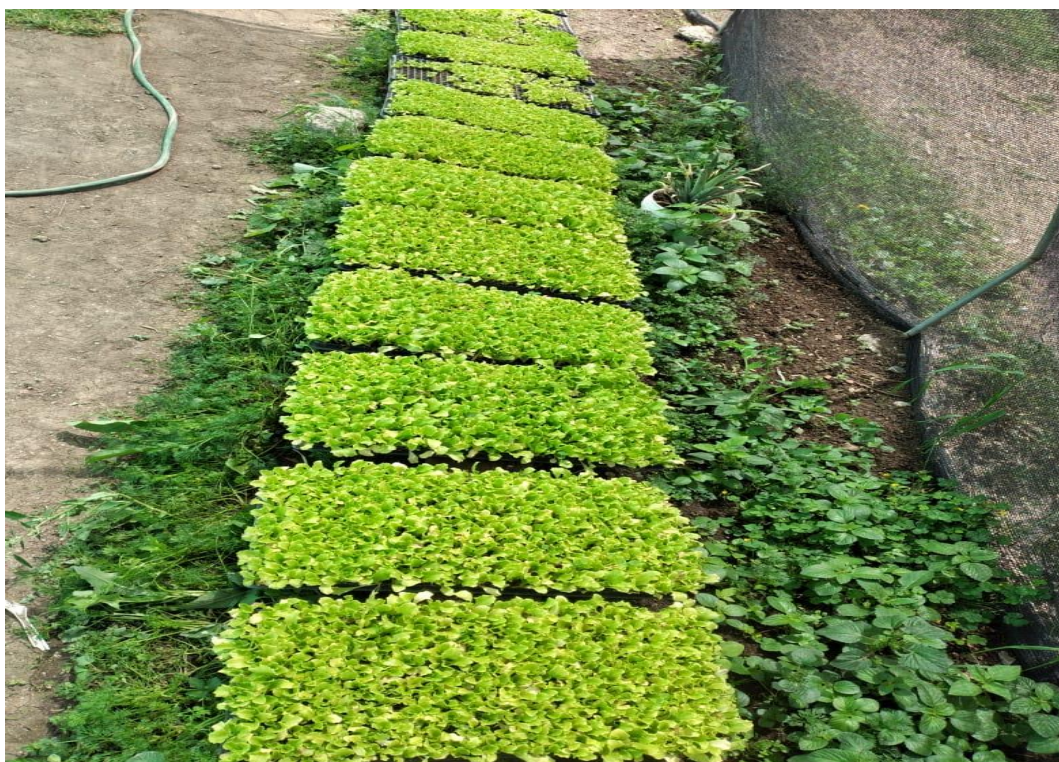


Foto 3. Almacigo de lechuga en bandejas de polietileno



Foto 4. Trasplante de plantines de lechuga al terreno definitivo



Foto 5. Control fitosanitario de plagas y enfermedades en lechuga



Foto 6. Aplicación foliar de Kelpak de acuerdo a los tratamientos en estudio



Foto 7. Fotografía del envase de Kelpak



Foto 8. Síntomas de *Botrytis cinerea*



Foto 9. Esclerotía a nivel de las hojas en lechuga



Foto 10. Evaluación del diámetro ecuatorial en lechuga



Foto 11. Pesado de la pella de la lechuga



Foto 12. Evaluación del rendimiento de la lechuga



Foto 13. Cosecha de lechuga

Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (*Ecklonia maxima*) en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán

2750 msnm - Ayacucho

Bach. Samuel Alanya Mendoza

samuel.alanya.01@unsch.edu.pe

M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo

walter.mateu@unsch.edu.pe

Área: Medio Ambiente

Línea de investigación: Sistemas de producción

RESUMEN

En el Centro Experimental Canaán a 2750 msnm, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad San Cristóbal de Huamanga; se condujo el experimento en lechuga con el objetivo de determinar la influencia de las dosis de Kelpak y la densidad de plantas en el rendimiento de la lechuga variedad Great Lakes. El experimento se llevó a cabo con el Diseño de Bloque Completo Randomizado, con arreglo factorial de 4 dosis de Kelpak por 3 densidades de planta, con 3 repeticiones y 12 tratamientos. El inicio de la cosecha con las dosis 0.0, 1.5 y 2.5 L ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 66.22, 63.33 y 62.44 ddt; con la dosis 3.5 L ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a 61.33 ddt, resultando ser el más precoz. La densidad de 71, 429 plantas de lechuga reportaron el mayor peso con 1.295 kg. En el rendimiento de cabezas comerciales, la dosis de Kelpak (3.5 L ha⁻¹) con densidad de plantas de 100,000 plantas alcanzó mayor rendimiento con 96,042 kg ha⁻¹.

INTRODUCCIÓN

La lechuga, es una de las verduras de hoja verde más populares del planeta. Se cultiva desde hace más de 2,000 años y existen más de 200 variedades. Se consume principalmente cruda en ensaladas (Sánchez, 2023).

Entre los principales componentes de la lechuga se encuentran; los betacarotenos, los cuales tienen la capacidad de ser transformados por el organismo en vitamina A; vitaminas antioxidantes como la C y E; ácido fólico; minerales como el potasio, magnesio y buena cantidad de fibra. Las hojas poseen un principio activo (lactucina) con propiedades tranquilizantes que alivian la ansiedad o estrés (Lasluiza, 2022).

En los últimos 10 años, la producción mundial de lechuga ha aumentado en 3 073 millones de kilogramos. China encabeza la lista de productores de esta hortaliza, produciendo 14 928 millones de toneladas en el año 2016, esto quiere decir que el país asiático produjo un 55.75 por ciento del total mundial, seguido por Estados Unidos y la India con 4 073 y 1 089 millones de kg, respectivamente. Con respecto a América del sur los principales productores de lechuga son Chile con 83 320 mil toneladas, ubicándose a nivel mundial en el puesto 19 y Colombia en el puesto 22 con una producción de 78 713 mil toneladas; Perú produjo un total de 73 559 mil toneladas. (Yucra, 2019).

Respecto a la producción en el Perú, “la producción nacional de lechuga fue de 77,603 toneladas en una superficie de 7,057 ha. La región con mayor producción es con 30,091 toneladas. Las regiones con mayores rendimientos son: La Libertad con 25.419 t ha⁻¹, Junín con 24.560 t ha⁻¹, Lima con 21.576 t ha⁻¹, Tacna con 20.381 t ha⁻¹ y Arequipa con 16.721 t ha⁻¹.” (MINAGRI, 2019).

La agricultura es estratégica para alimentar al mundo, por ello todos los insumos son necesarios para hacerla más productiva y competitiva. En ese sentido, los bioestimulantes tienen la función de impulsar los procesos de nutrición de las plantas con independencia del contenido de nutrientes en planta. El objetivo es satisfacer las características de las plantas: eficiencia en el uso de nutrientes, macronutrientes y micronutrientes, calidad de los frutos, tolerancia a diferentes estreses bióticos y abióticos y movilidad de nutrientes en el suelo. Los efectos beneficiosos sobre las plantas dependen del tipo de bioestimulante ocupado, de la especie y/o variedad cultivada, de las condiciones edafoclimáticas y de las prácticas agrícolas aplicadas (The food tech, 2023). Por otro lado, el mal manejo de los fertilizantes químicos está acarreando problemas en la fisiología, calidad y rendimiento del cultivo de la lechuga. Frente a este problema, es necesario evaluar la aplicación de bioestimulantes como el Kelpak que junto a la densidad de plantas podrían incrementar el rendimiento; por las consideraciones expuestas se planteó el presente trabajo de investigación, con los siguientes objetivos:

1. Determinar la influencia de dosis de Kelpak (*Ecklonia máxima*) en el rendimiento de lechuga en Canaán, Ayacucho.
2. Determinar la influencia de dosis de la densidad de plantas en el rendimiento de lechuga en Canaán, Ayacucho.

METODOLOGÍA

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, distrito Andrés A. Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a una altitud de 2,750 msnm, encontrándose entre las coordenadas geográficas de 13° 08' 05" Latitud sur y 74° 32' 00" Longitud oeste.

Antecedentes del terreno experimental

En el terreno destinado para realizar el trabajo investigación, en la campaña anterior 2021 – 2022 fueron terrenos agrícolas de producción comercial de cebolla china y col.

Características físicas y químicas del suelo

Los resultados del análisis físico-químico del suelo (tabla 1) en base a los criterios señalados por Ibáñez y Aguirre (1983), se califica al suelo como franco, moderadamente alcalino, materia orgánica y N total contenido medio, contenido de P disponible, medio y K disponible, medio. Las características asignadas al suelo son adecuadas para el cultivo de lechuga.

Tabla 1

Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán, 2750 msnm

Componentes	Valor	Método	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.85	Potenciómetro	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	2.79	Walkley Black	Medio
N total (%)	0.14	kjeldahl	Medio
P disponible (ppm)	21.4	Olsen	Medio
K disponible (ppm)	212.7	Turbidímetro	Medio
Arena (%)	45.8	Hidrómetro	Clase textural (franco)
Limo (%)	28.9	Hidrómetro	
Arcilla (%)	25.3	Hidrómetro	

Nota: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" UNSCH-2021

Características climatológicas

Los datos climatológicos corresponden a la Estación Meteorológica de INIA, ubicada entre las coordenadas de 13° 10' 00.06" Latitud Sur y 74° 12' 22.92" Longitud Oeste y a una altitud 2735 msnm, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho.

Durante el periodo vegetativo del cultivo de lechuga, la temperatura promedio máxima, media y mínima fue de 24.9 °C, 17.1 °C y 9.4 °C, respectivamente. La precipitación total anual fue de 487.1 mm.

Según el balance hídrico, hubo exceso de humedad en el mes de diciembre del 2021, enero y febrero de 2022 y déficit de humedad en los meses de abril a setiembre del 2022. Durante la ejecución del experimento, las precipitaciones pluviales fueron moderadas con 32.2 mm, 107.6 mm, 97.3 mm y 120.5 mm, de diciembre 2021 a marzo 2022, respectivamente, sin embargo, se observó que aumentó la precipitación en el último mes, coincidiendo con la época de cosecha del experimento.

Material experimental

Material vegetativo

Se utilizó plantines de lechuga de la variedad Great Lakes, cuyas características son: gran apariencia y alta calidad. Produce cabezas muy grandes que pueden pesar hasta 2 - 2.2 kg. Adquieren una forma atractiva, redonda, de color verde oscuro y consisten en hojas densamente empacadas, ligeramente arrugadas y corrugadas. (Garden Seeds Market, 2023)

Extracto de algas (Kelpak - *Ecklonia máxima*)

Es un regulador de crecimiento que proveniente del alga marina *Ecklonia máxima*. Se utiliza como bioestimulante en la agricultura para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Contiene un delicado balance de biorreguladores que benefician a las plantas. Al ser aplicado en los cultivos, estimula el crecimiento de las raíces, aumenta la absorción de nutrientes y mejora la resistencia de las plantas al estrés, como sequía, salinidad y temperaturas extremas. Además, es un producto con alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas, esta relación produce un efecto sobre la división y la elongación celular aumentando el tamaño de los frutos. (BASF Agricultural solutions, 2023).

Variables estudiadas e indicadores

Dosis de extracto de algas (Kelpak) (K)

- k0 : 0.0 L ha⁻¹ (Testigo)
- k1 : 1.5 L ha⁻¹
- k2 : 2.5 L ha⁻¹
- k3 : 3.5 L ha⁻¹

Densidad de plantas (D)

Se realizó la siembra en surcos mellizos distanciados a 0.30 m y distancia entre par de surcos mellizos 0.50 m, y espaciado entre plantas a 0.25, 0.30 y 0.35 m.

- d1: 100 000 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.25 m entre plantas).
- d2: 83 333 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.30 m entre plantas).

- d3: 71 429 plantas ha⁻¹ (0.5 m entre surcos mellizos y 0.35 m entre plantas).

Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio resultan de la combinación de cada una de las dosis de extracto de alga - Kelpak (k0, k1, k2, k3) con las tres densidades de plantas (d1, d2, d3), obteniéndose de esta combinación un total de doce tratamientos.

Tabla 2

Tratamientos y combinaciones de los factores a estudiar

Tratamiento	Código	Descripción
T1	d1k0	100 000 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T2	d2k0	83 333 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T3	d3k0	71 429 plantas ha ⁻¹ con 0.0 l ha ⁻¹ Kelpak
T4	d1k1	100 000 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T5	d2k1	83 333 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T6	d3k1	71 429 plantas ha ⁻¹ con 1.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T7	d1k2	100 000 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T8	d2k2	83 333 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T9	d3k2	71 429 plantas ha ⁻¹ con 2.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T10	d1k3	100 000 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T11	d2k3	83 333 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak
T12	d3k3	71 429 plantas ha ⁻¹ con 3.5 l ha ⁻¹ Kelpak

Nota: Elaboración propia

Diseño experimental

El experimento fue conducido utilizando el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR), con arreglo factorial 4K x 3D con 12 tratamientos y 3 repeticiones, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + \alpha\delta_{(ij)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera (respuesta)

μ = Es el promedio general

β_k = Efecto de la K-ésima repetición (bloque)

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor K (dosis de Kelpak)

δ_j = Efecto del J-ésimo nivel del factor D (densidades de planta)

$\alpha\delta_{(ij)}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor K con el j-ésimo nivel del factor D

ϵ_{ijk} = Error experimental

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de campo, se realizará el análisis correspondiente para cada una de las variables a evaluar y consiste en el análisis de Variancia (ANVA), Prueba de contrastes de Tukey (0.05).

Características del campo experimental

Unidad experimental (parcela)

Número de parcelas por bloque	: 12 parcelas
Largo de parcelas	: 4.0 m
Ancho de parcelas	: 2.4 m
Área total de parcela	: 9.6 m ²
Distancia entre surco mellizo	: 0.5 m
Números de surcos por parcela	: 3
Distancia entre plantas	: 0.25, 0.30, 0.35 m

Bloques

Número de bloques	: 3
Ancho de bloque	: 4.0 m
Largo del bloque	: 28.8 m
Área total del bloque	: 115.2 m ²

Área del experimento

Ancho	: 13.0 m
Largo	: 28.8 m
Área total	: 374.4 m ²
Área efectiva	: 345.6 m ²

Variables evaluadas

Se evaluó las plantas de los surcos centrales, dejando una planta en la base y cabecera de los surcos de la parcela experimental, para evitar el efecto de borde.

Los criterios de evaluación de las variables fueron:

a) Inicio de cosecha (días)

Se consideró los días desde el momento del trasplante hasta que las plantas presenten un repollo compacto y bien formado.

Las variables evaluadas de rendimiento, fueron:

a) Diámetro ecuatorial de la pella en lechuga (cm)

En 5 plantas del surco central cosechadas al azar en estado de madurez utilizando un vernier se procedió a medir diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga por tratamiento.

b) Número de cabezas comerciales por hectárea

Se contaron todos los repollos comerciales de lechuga en los surcos centrales aptas para el mercado en cada tratamiento, en las oportunidades de la cosecha.

c) Rendimiento de cabezas comerciales (kg ha⁻¹)

Luego de cosechar todas las cabezas o repollos comerciales de lechuga y luego de realizar la limpieza de las hojas basales se pesaron en una balanza digital y luego el valor obtenido se infirió a una hectárea para efectos del análisis estadístico.

Instalación y conducción del experimento

Preparación del terreno

La preparación del terreno realizó el 10 de diciembre del 2021 con el tractor agrícola que realizó la aradura a la profundidad de 25 cm y luego, el mullido del terreno experimental.

Demarcación y estacado

Se delimito los bloques y parcelas según el croquis experimental, utilizando estacas, cordel y wincha. Esta labor se realizó el 03 de enero del 2022.

Siembra del almácigo

Se realizó el 06 de diciembre del 2021, en bandejas germinadoras de 200 cavidades, se utilizó como sustrato “Plug mix” humedecida, donde se colocó la semilla a una profundidad de 3 mm y se cubrió con el mismo sustrato y se humedeció con agua. Las plántulas permanecieron por 29 días los germinadores hasta alcanzar 4 hojas verdaderas y quedar expeditas para el trasplante.

Surcado

Se procedió a realizar el surcado de manera manual tomando en cuenta la distancia entre surcos de 0.80 m. Esta labor se realizó un día antes del trasplante a campo.

Trasplante

El trasplante manual sobre suelo húmedo se realizó el 04 de enero de 2022, con plantines de 4 hojas verdaderas, colocando los plantines en los hoyos previamente abiertos de ambos costillares del surco y a los distanciamientos planteados en el estudio. Al finalizar el trasplante se realizó un riego por goteo ligero para evitar asentar el suelo y evitar que se los plantines se marchiten.

Recalce

Esta labor se llevó a cabo 14 de enero del 2022, a los 10 días después del trasplante en los hoyos donde se perdieron los plantines de lechuga.

Desmalezado

Se realizaron tres deshierbes manuales a los 17, 24 y 43 días después de trasplante en terreno definitivo en forma manual utilizando azadones y lampas con el fin de evitar la competencia interespecífica por agua, luz, nutriente, espacio, CO₂ y O₂ para que el cultivo se pueda desarrollar idealmente durante todo su ciclo.

Aplicación foliar

Se efectuó el 17 de enero a los 13 días después del trasplante con el producto Biotec en dosis de 10 ml/20 l de agua por mochila, debido a que las plantas presentaban hojas amarillas.

La aplicación de Kelpak se efectuó en dos partes el 02 de febrero y 17 de febrero del 2022 a los 30 y 45 (ddt) en dosis respecto al estudio considerado.

Riegos

El primer riego se realizó un día antes del trasplante para que el suelo se encuentre a capacidad de campo, el segundo riego se realizó el día del trasplante y el tercer riego a 02 días después del trasplante; después se aplicaron de acuerdo a la necesidad del cultivo hasta la finalización de la cosecha de acuerdo al requerimiento del cultivo.

Abonamiento

Se aplicó al experimento una mezcla de NPK de una fórmula de abonamiento: 32.5-23-30 de NPK, que equivale en fertilizantes a 192 g/surco de urea, 192 g/surco de fosfato di amónico y 192 g/surco de cloruro de potasio. Además, se aplicó 0.5 t ha⁻¹ de Terrasur, es decir 192g/surco, en la modalidad de chorro continuo en el fondo del surco en el momento de surcado, luego se cubrió con una capa de suelo y a continuación se aplicó un riego ligero. Esta labor que se realizó 03 de enero del 2022, un día antes del trasplante a campo definitivo.

Control fitosanitario

Semanalmente se monitoreo la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo. Se detectó la presencia de pulgón (*Brevicoryne brassicae*) y *Thrips tabaci* en las hojas nuevas, que fue controlado con aplicación de Alfa kling 10 EC a la dosis 250 ml/cil. La presencia de botrytis y oídium fue controlado con Protexín 500 FW y Quioxy 50 WE a la dosis 200 cc ha⁻¹; labor que se realizó a los 15 y 40 ddt.

Cosecha

Se realizó previa observación, cuando la pella tomó una consistencia dura a la presión con los dedos sobre la cabeza de lechuga, para lo cual se utilizó un cuchillo para cortar a la altura del cuello de las plantas de lechuga que formaron un repollo comercial,

posteriormente se efectuó la selección, conteo de cabezas comerciales y no comerciales y finalmente el pesado de rendimiento. La cosecha se inició el 07 de marzo del 2022, a los 2.0 a 2.5 meses después del trasplante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de precocidad

Días al inicio de cosecha

En la tabla 3 ANVA de días de cosecha de cabezas de lechuga se aprecia que existe diferencia altamente significativa en el efecto principal de niveles de Kelpak (K); no se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra (D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general el número de días al inicio de cosecha de cabeza de lechuga fue de 63.33 ddt. El coeficiente de variación fue de 2.73 %, valor que indica la precisión del experimento.

En la tabla 4 de la prueba de contraste de Tukey (0.05), de los efectos principales de niveles de Kelpak; en el número de días a la cosecha de lechuga no existe diferencia entre los niveles de Kelpak de 1.5, 2.5 y 3.5 l ha⁻¹, con promedios de 63.33, 62.44 y 61.33 ddt respectivamente. Cuando se aplicó 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak la precocidad fue de 61.33 ddt, con diferencia significativa al testigo (0.0 l ha⁻¹ de Kelpak) de 66.22 ddt a la cosecha de lechuga. De los resultados se puede concluir que, el bioestimulante Kelpak reduce la precocidad del cultivo, ratificando el efecto de los nutrientes y auxina que contiene este producto natural.

Tabla 3

Análisis de variancia del número de días al inicio de cosecha en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	FC	p-valor
Bloque	2	8.167	4.083	1.36	0.2763 ns
Kelpak (K)	3	118.222	39.407	13.17	<.0001**
Densidad (D)	2	1.167	0.583	0.19	0.8243 ns
Int. K x D	6	8.611	1.435	0.48	0.8162 ns
Error	22	65.833	2.992		
Total	35	202.000			

C.V. = 2.73%

Tabla 4

Prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales niveles de Kelpak para el número de días al inicio de cosecha en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak l.ha⁻¹	Promedio ddt	Tukey
0.0	66.22	a
1.5	63.33	b
2.5	62.44	b
3.5	61.33	b

DSM = 2.26

Jaramillo (2016), afirma que,

en la variedad de Grandes Lagos, tradicionalmente sembrada en la región, de buen comportamiento en general en las épocas de mayor temperatura; en periodos de muy baja temperatura y alta nubosidad tiende a la formación de cabezas más flojas, que son preferidas en el mercado de la región. El tiempo para la cosecha es de: 55-60 días; peso promedio de cabeza: 600-700 gramos; resistencia o tolerancia a enfermedades: resistente a la quemadura de las puntas. Esta información concuerda con los encontrados en el experimento en Canaán-Ayacucho.

Palomino (2014) en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, al utilizar niveles de guano de islas para días a la cosecha de lechuga, encontró que,

con 0.0 t ha⁻¹ de guano de isla se reporta menos días de cosecha con 78 días, diferenciándose estadísticamente del resto de los niveles de guano de islas que reportaron valores de 90, 88 y 88 días con 2.0, 3.0 y 1.0 t ha⁻¹ de guano de islas, respectivamente. También, reportó que la densidad de plantas de 100,000 plantas ha⁻¹ con 79.50 días a la cosecha, alcanzó en menor tiempo ese estado fenológico, diferenciándose estadísticamente de las densidades de plantas de 66,667 y 50,000 plantas ha⁻¹ que reportaron 88.50 y 90 días a la cosecha, respectivamente.

Estos resultados se deben a la competencia intraespecífica que existe entre plantas de lechuga por nutrientes, agua, luz y espacio.

Los datos encontrados en el experimento para el número de días al inicio de la cosecha variaron de 61.33 a 66.22 ddt, y son menores a los encontrados por Palomino (2014) que utilizó guano de islas, cuya descomposición y mineralización es lenta en comparación con Kelpak y por otro lado las condiciones ambientales, que aceleran el metabolismo del cultivo de lechuga.

Variables de rendimiento

Diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga

La tabla 5 ANVA del diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga, se encontró diferencias altamente significativas en los efectos principales de niveles de Kelpak (K). No se encontró diferencia significativa en los efectos principales de densidad de siembra (D) y en la interacción de estos dos factores (K x D). El promedio general del diámetro ecuatorial de cabeza de lechuga fue de 16.22 cm. El coeficiente de variación fue de 5.10 % que indica la precisión del experimento.

El resultado indica que la densidad de plantas, reflejado en la distancia entre plantas no influyen mayormente en esta variable de estudio, es decir que la menor distancia es más que suficiente para la planta de lechuga.

La tabla 6 de la prueba de Tukey (0.05), del diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga muestra que no hay diferencia estadística entre los niveles de Kelpak (K) de 1.5, 2.5 y 3.5 l ha⁻¹, con promedios de 16.54, 16.42 y 17.03 cm; respectivamente, con diferencia significativa frente al testigo (sin Kelpak (K)) que reportó 14.88 cm de diámetro ecuatorial. Con la aplicación de 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se obtuvo mayor respuesta en diámetro ecuatorial de la pella de la lechuga con 17.03 cm. resultado que indica también que los distanciamientos entre plantas no influyen mayormente en la variable en estudio.

Tabla 5

Análisis de variancia del diámetro ecuatorial de la pella en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	10.859	5.430	7.93	0.0026 *
Kelpak (K)	3	23.432	7.811	11.41	0.0001 **
Densidad (D)	2	4.253	2.127	3.11	0.0649 ns
K x D	6	6.424	1.071	1.56	0.2048 ns
Error	22	15.065	0.685		
Total	35	60.033			

C.V. = 5.10%

Martínez (2019) encontró “mayor diámetro de repollo en el tratamiento de fertilización convencional (F.C), con una media de 9,95 cm, mientras que el tratamiento 4 con 2 kg m⁻² de biosol (B2,0), presentó el menor diámetro ecuatorial, con una media de 7,73 cm”.

Tabla 6

Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de Kelpak para el diámetro ecuatorial de la pella en Lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Kelpak l ha⁻¹	Promedio cm	Tukey
3.5	17.03	a
1.5	16.54	a
2.5	16.42	a
0.0	14.88	b

DSM = 1.08

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que,

al utilizar niveles de 3.0 y 1.0 t ha⁻¹ de guano de isla se reportó los mayores diámetros de cabeza de lechuga con 9.60 y 9.21 cm; respectivamente. Con niveles de 2.0 y 0 tha⁻¹ de guano de isla se reportó valores del diámetro de cabeza con valores de 9.02 y 8.92 cm. Asimismo reporta que la densidad de plantas influye en el diámetro de la cabeza de lechuga; las plantas con menor densidad, como 50,000 y 66,667 plantas ha⁻¹ alcanzaron los valores con 9.30 a 9.40 cm. La mayor densidad de 100,000 plantas ha⁻¹ reportó 8.86 cm. Los resultados obtenidos en este experimento en forma general afirman que el mayor diámetro de cabeza fue resultado principalmente del manejo agronómico, proporcionado por el mayor nivel de estiércol de guano de islas y el riego por goteo. A mayor distanciamiento entre planta, existe una menor población de plantas; por tanto, se refleja en un mayor diámetro de cabeza de repollo de lechuga. Con un mayor nivel de estiércol de guano de isla también se refleja en un mayor diámetro de cabeza.

Comparando con los resultados de diámetro ecuatorial de los trabajos mencionados con los encontrados en el presente experimento, nuestros datos son superiores; esta diferencia se puede atribuir al efecto del Kelpak y el manejo adecuado, asimismo a las condiciones ambientales del cultivo que hicieron propicio el buen desarrollo de las lechugas.

3.1.1. Número de pellas o cabezas comerciales por hectárea

En la tabla 7 del ANVA del número de pellas o cabezas comerciales por hectárea en la fuente de variación de densidad. No se encontró diferencia significativa en el efecto principal Kelpak (K) y la interacción de estos dos factores K x D. El promedio general de número de pellas o cabezas por hectárea fue de 75,926 unidades ha⁻¹. El coeficiente de variación fue de 5.74 %; valor que indica la precisión del experimento.

Tabla 7

Análisis de variancia del número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de la lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	83614429	41807215	2.20	0.1344 ns
Kelpak (K)	3	47265124	15755041	0.83	0.4917 ns
Densidad (D)	2	5579832600	2789916300	146.95	<.0001**
K x D	6	86381983	14396997	0.76	0.6100 ns
Error	22	417684184	18985645		
Total	35	6214778320			

C.V. = 5.74%

En la tabla 8 de la prueba de Tukey (0.05) de los efectos principales de densidad de plantas para el número de pellas o cabezas comerciales por hectárea, existe una diferencia significativa entre la densidad de plantas de 71 439, 83 333 y 100 000, con promedios de 62,240, 73,177 y 92,361 pellas o cabezas comerciadas de lechuga respectivamente. La densidad de plantas es un factor importante en el número de pellas o cabezas.

Tabla 8

Prueba de Tukey (0.05), de los efectos principales de la densidad de siembra entre planta para el número de pellas o cabezas comerciales por hectárea de lechuga. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

Densidad plantas	Promedio	Tukey
Plantas/ha	und ha⁻¹	
100,000	92,361	a
83,333	73,177	b
71,429	62,240	c

DSM = 56,010

La respuesta alcanzada con las densidades de plantas estudiadas en el presente experimento; se atribuye, al número de plantas que se establecieron en cada densidad y también a la competencia interespecífica que se establecieron, pues cuanto más cerca en distancia están las plantas existe mayor competencia interespecífica, pero en forma global también se tiene mayor biomasa.

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que,

al utilizar niveles de guano de islas de 2.0, 1.0 y 3.0 t ha⁻¹ con rango de 112,400, 108,150 y 107,600 de lechugas comerciales, respectivamente, no encontró diferencia estadística entre ellos, éstos superan al tratamiento testigo, sin guano de islas que alcanzó 92,400 lechugas comerciales. Para el número de lechugas

comerciales encontró lo siguiente: la densidad de 100,000 plantas ha^{-1} con 124,300 lechugas comerciales, es superior a 66,667 y 50,000 con 102,500 y 88,616 plantas ha^{-1} lechugas comerciales; respectivamente.

Esta respuesta es similar al logrado en el presente experimento, habiéndose logrado también la mayor cantidad de lechugas comerciales con la densidad de 100,000 plantas/ha.

El número de pellas o cabezas comerciales en lechuga por parcela varió de 61,805 a 95,139 unidades/ha para los tratamientos de 0.0 l ha^{-1} de Kelpak – 71,429 plantas y 3.5 l ha^{-1} de Kelpak – 100,000 plantas.

3.1.2. Rendimiento de cabezas comerciales de lechuga (kg ha^{-1})

Tabla 9

*Análisis de variancia del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha^{-1}).
Canaán 2750 msnm – Ayacucho*

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	101006445	50503222	0.79	0.4666 ns
Kelpak (K)	3	781382355	260460785	4.07	0.0192 *
Densidad (D)	2	2633829882	1316914941	20.58	<0.0001 **
K x D	6	974781403	162463567	2.54	0.0507 ns
Kelpak en d1	3	452897253	150965751	2.36	0.0991 ns
Kelpak en d2	3	818807961	272935987	4.27	0.0161 *
Kelpak en d3	3	484458544	161486181	2.52	0.0840 ns
Densidad en k0	2	1565515938	782757969	12.24	0.0001 **
Densidad en k1	2	41232639	20616319	0.32	0.8092 ns
Densidad en k2	2	404055854	202027927	3.16	0.0450 *
Densidad en k3	2	1597806854	798903427	12.49	0.0001 **
Error	22	1407450557	63975025	1.00	
Total	35	5898450642			

C.V. =10.11%

En la tabla 9 del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, se observa la diferencia estadística para el efecto principal de la aplicación de Kelpak (K) y alta significación estadística para la densidad de plantas (D); no se observa significación estadística en los efectos de interacción K x D. Sin embargo, al considerar las interacciones se encontró diferencia significativa en los efectos de Kelpak en la densidad de plantas 83,333 plantas, así mismo en densidad de plantas en Kelpak 0 (0.0 l ha^{-1}), densidad de plantas en Kelpak 2 (2.50 l ha^{-1}) y densidad de plantas en Kelpak 3 (3.50 l ha^{-1}). El promedio general de rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciables fue 79,127 kg ha^{-1} .

El coeficiente de variabilidad 10.11% es aceptable para experimentos de campo; este parámetro nos mide la confiabilidad o precisión del experimento.

Tabla 10

Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales (kg ha⁻¹).

Canaán 2750 msnm – Ayacucho

Tratamiento t	Kelpak l ha⁻¹	Densidad De plantas	Promedio kg ha⁻¹	Tukey
t10	3.5	100,000	96,042	a
t01	0.0	100,000	95,417	a
t04	1.5	100,000	86,250	a
t07	2.5	100,000	81,563	a
t05	1.5	83,333	83,125	a
t08	2.5	83,333	65,292	a
t11	3.5	83,333	63,979	b
t02	0.0	83,333	63,125	b
t06	1.5	71,429	88,334	a
t03	0.0	71,429	80,104	a
t12	3.5	71,429	74,729	a
t09	2.5	71,429	71,563	a
t01	0.0	100,000	95,417	a
t03	0.0	71,429	80,104	a b
t02	0.0	83,333	63,125	b
t06	1.5	71,429	88,334	a
t04	1.5	100,000	86,250	a
t05	1.5	83,333	83,125	a
t07	2.5	100,000	81,563	a
t09	2.5	71,429	71,563	b
t08	2.5	83,333	65,292	b
t10	3.5	100,000	96,042	a
t12	3.5	71,429	74,729	b
t11	3.5	83,333	63,979	b

En la tabla 10 de la prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, no se encontró diferencia significativa del peso de cabezas comerciales por efecto de los niveles de Kelpak en la densidad de 100,000 plantas. Entre los niveles de Kelpak en la densidad 83,333 plantas, se encontró diferencia estadística significativa del peso de pellas o cabezas de lechuga comerciales, donde los niveles de Kelpak de 1.5 y 2.5 l ha⁻¹ con promedios de 83,125 y 65,292 kg ha⁻¹ son similares, pero superan a los niveles de Kelpak de 3.5 y 0.0 l ha⁻¹ que no presentan diferencia estadística. En los niveles de Kelpak con la densidad 71,429 plantas no se encontró diferencia estadística significativa del rendimiento de cabezas comerciales. Entre la densidad de plantas sin

aplicación de Kelpak, se encontró diferencia estadística significativa del rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales, las densidades de 100,000 y 71,429 plantas obtuvieron 95,417 y 80,104 kg ha⁻¹ de rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales sin diferencia estadística significativa, mientras que la densidad 83,333 plantas obtuvo el menor rendimiento con 63,125 kg ha⁻¹. Entre las densidades de plantas con el nivel de Kelpak de 1.5 l ha⁻¹ no se encontró diferencia estadística significativa en el rendimiento de pellas o cabezas de lechuga comerciales. Entre las densidades de plantas, con el nivel de Kelpak de 2.5 l ha⁻¹ se encontró diferencia estadística significativa de rendimiento de pellas o cabezas comerciales de lechuga, la densidad 100,000 plantas con 81,563 kg ha⁻¹ de pellas o cabezas comerciales es superior a 71,429 plantas y 83,333 plantas que no se diferencian estadísticamente, que presentaron rendimientos de cabezas comercial de 71,563 kg ha⁻¹ y 65,292 kg ha⁻¹, respectivamente. Entre las densidades de plantas con el nivel de Kelpak de 3.5 l ha⁻¹, la densidad de plantas de 100,000 plantas reportó rendimiento significativamente superior con 96,042 kg ha⁻¹ frente a las densidades 71,429 plantas y 83,333 plantas, sin diferencia entre ellos, que mostraron rendimiento de pellas o cabezas comerciales de 74,729 kg ha⁻¹ y 63,979 kg ha⁻¹, respectivamente.

De manera general se puede mencionar que tanto los niveles de Kelpak aplicados, como las densidades de plantas estudiadas tiene respuestas diferentes según la densidad aplicada o el nivel de Kelpak aplicado.

Martínez (2019), en su trabajo conducido en campus Querochaca a 2865 msnm encontró que “con la fertilización convencional (F.C) el mayor rendimiento con una media de 94,499.34 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento 3 aplicación de biosol de 1 kg m⁻² (B1,0) y tratamiento 4 con 2 kg m⁻² de biosol (B2,0), encontraron rendimiento de la lechuga que va de 59,074.00 a 61,516.00 kg ha⁻¹”.

Rojas (2015), en su trabajo conducido en la localidad de Lamas a 835 msnm encontró: “con el tratamiento T4 (1 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) el promedio más alto de rendimiento con 42,856.25 kg ha⁻¹, superando a los tratamientos T3 (0,75 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T2 (0,5 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T1 (0,25 kg ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y TO (testigo) que reportaron promedios de 38 950.00 kg ha⁻¹, 31 181.25 kg ha⁻¹, 21 062.50 kg ha⁻¹, 17 081.25 kg ha⁻¹; respectivamente”.

Palomino (2014), en su trabajo conducido en la localidad de Canaán a 2730 msnm, manifiesta que al utilizar 3.0 t ha⁻¹ de guano de islas encontró el mayor rendimiento de lechuga con 79,366.7 kg ha⁻¹, seguido por el nivel de 2.0 t ha⁻¹ que presenta 73,183.3 kg ha⁻¹ y con la aplicación de 1.0 t ha⁻¹ de guano de islas reportó 63,650.0 kg ha⁻¹, mientras

sin la aplicación de guano de islas se obtuvo 62,666.7 kg ha⁻¹. Empleando densidades de 100,000 plantas ha⁻¹ obtuvo 75,783.3 kg ha⁻¹, superando a las densidades de 66 667 y 50 000 plantas ha⁻¹ con 69,300.0 y 64,066.7 kg ha⁻¹; respectivamente.

Los resultados de los rendimientos de pellas o cabezas comerciales de lechuga obtenidos en el presente experimento se atribuyen al buen manejo agronómico del cultivo y la aplicación de un nivel adecuado de Kelpak (K), juntamente a las condiciones de humedad y riego complementario por goteo. También se ha demostrado que a menor densidad de plantas se obtiene menor rendimiento de pellas o cabezas comerciales y lo contrario es a menor densidad se obtiene mayor peso de cabezas comerciales de lechuga. También se ha demostrado con el experimento que al elevar los niveles de aplicación de Kelpak se obtienen mayor rendimiento de pellas o cabezas comerciales de lechuga, corroborando el uso de este producto en el cultivo de lechuga.

CONCLUSIONES

1. La cosecha con los niveles de 0.0, 1.5 y 2.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 66.22, 63.33 y 62.44 ddt. Con el nivel 3.5 l ha⁻¹ de Kelpak (K) se realizó a los 61.33 ddt resultando ser el más precoz.
2. Con la densidad de 71,429 plantas de lechuga se alcanzó el mayor peso de lechuga con 1.295 kg.
3. El mayor rendimiento de cabezas de lechuga se obtuvo con 3.5 L ha⁻¹ de Kelpak, mientras que la densidad de 100,000 plantas alcanzó el mayor rendimiento de cabezas con 96,042 kg ha⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASF Agricultural Solutions. (2023). Kelpak® - Bioestimulante con certificación orgánica. <https://agriculture.basf.com/pe/es/proteccion-de-cultivos/productos/kelpak.html>
- Garden Seeds Market. (2023). Lechuga iceberg - Great Lakes 118 - 2400 semillas - Lactuca sativa L. <https://gardenseedsmarket.com/lechuga-iceberg-great-lakes-118.html#:~:text=La%20lechuga%20%22Great%20Lakes%20228,empacadas%2C%20ligeramente%20arrugadas%20y%20corrugadas.>
- Jaramillo, J.; Aguilar, P.; Espitia, E.; Tamayo, P.; Arguello, O. & Guzmán, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/Ver_documento_13758.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lasluiza, M. (2022). Determinación de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en la lechuga (*Lactuca sativa*) que se cultiva en la parroquia Presidente Urbina del cantón Pillaro.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34930/1/AL%20821.pdf>

Martínez, B. (2019). “Evaluación del biosol generado en la producción de biogas, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)”. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29476/1/Tesis-229%20%20Ingenier%20c3%ada%20Agron%20c3%b3mica%20-CD%20630.pdf>

MINAGRI. (2019). Anuario estadístico de la producción agrícola. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf

Palomino, J. (2014). Densidad de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho, 2013. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela profesional de Agronomía. UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/963a482f-5876-400b-80b8-3313128cfa0c>

Rojas, L. (2015). Rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes 659 con la aplicación de fosfonato de calcio - provincia de Lamas – Tarapoto – Perú, 2013. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Sánchez, M. (2023). Lechuga: descubre sus beneficios y valor nutricional. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20210308/6264234/lechuga-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>

The Food Tech. (2023). Los bioestimulantes contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos. <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/los-bioestimulantes-contribuyen-a-aumentar-el-rendimiento-de-los-cultivos/>

Yucra, C. (2019). La carbonatita en el rendimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Patagonia. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4096>

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. SAMUEL ALANYA MENDOZA****R.D. N° 105-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a cinco días del mes de abril del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, M.Sc. Alejandro Camasca Vargas y Ing. Josué Olser Quispe Ochoa; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (*Ecklonia maxima*) en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm - Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **SAMUEL ALANYA MENDOZA**

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	14	15	15
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo	16	16	16	16
Mg. Alejandro Camasca Vargas	17	17	17	17
Mg. Josué Olser Quispe Ochoa	16	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita a la sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Presidente
.....
Mtro. Walter Augusto Mateu Mateo
Asesor
.....
Mg. Alejandro Camasca Vargas
Jurado
.....
Mg. Josué Olser Quispe Ochoa
Jurado
.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH****FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (*Ecklonia maxima*) en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm - Ayacucho

Autor : Samuel Alanya Mendoza

Asesor : Walter Augusto Mateu Mateo

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veinticuatro por ciento (24 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2434492152

Ayacucho, 19 de agosto de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (Ecklonia maxima) en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm - Ayacucho

por Samuel Alanya Mendoza

Fecha de entrega: 19-ago-2024 10:17a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2434492152

Nombre del archivo: TESIS_SAMUEL_ALANYA_corr_-_copia.docx (3.03M)

Total de palabras: 20136

Total de caracteres: 104703

Densidad de plantas con tres dosis de Kelpak (Ecklonia maxima) en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes. Canaán 2750 msnm - Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	www.bioestimulantesagricolas.net Fuente de Internet	1%
7	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	1%
8	thefoodtech.com Fuente de Internet	1%

9	www.navarromontes.com Fuente de Internet	1 %
10	agroactivocol.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
13	gardenseedsmarket.com Fuente de Internet	<1 %
14	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
15	www.lavanguardia.com Fuente de Internet	<1 %
16	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	1library.co Fuente de Internet	<1 %
19	docslib.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 30 words