

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL COMPORTAMIENTO Y
RENDIMIENTO AGRONÓMICO DE LA ESPINACA (*Spinacia oleracea L*)
EN EL DISTRITO DE TALAVERA-ANDAHUAYLAS, 2024**

PRESENTADO POR:

Br. HILBER MANUEL CHAVEZ GUIA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROPECUARIO**

ASESOR:

Dr. JULIO CESAR LOAYZA CESPEDES

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Julio Cesar Loayza Céspedes.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL
COMPORTAMIENTO Y RENDIMIENTO AGRONÓMICO DE LA ESPINACA
(Spinacia oleracea L) EN EL DISTRITO DE TALAVERA - ANDAHUAYLAS
2024.....

Presentado por: HILDER MANUEL CHAVEZ BUIA..... DNI N° 48093954 ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO Agropecuario.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2..... veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 02 de mayo..... de 2026.....

Loayza
Firma

Post firma Julio C. Loayza C.

Nro. de DNI 00489606

ORCID del Asesor 0000-0003-3160-7799

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:585597375

TESIS DE MANUEL CHAVESN° 2.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:585597375

Fecha de entrega

2 may 2026, 10:42 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 may 2026, 11:08 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS DE MANUEL CHAVESN° 2.pdf

Tamaño del archivo

11.0 MB

189 páginas

43.987 palabras

237.335 caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)
- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 10%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en cada paso de mi vida.

A mis adorados padres Edgar y Victoria por
brindarme todo su amor e inculcarme los
valores para ser una persona de bien.

A mis personas favoritas Rosmery y Adrián
por su apoyo incondicional y motivo para
seguir escalando en mi formación profesional.

A mis hermanos Oscar, Efraín y Percy por
estar presentes en mi vida.

A mis abuelos Roberto y Paulina por sus
enseñanzas y orientaciones para ser un hombre
de bien.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, por haberme acogido en sus aulas durante la etapa universitaria y por brindarme las condiciones académicas durante mi formación profesional. A todos mis compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria, especialmente al código 2013-I, mis sinceros agradecimientos, por compartir las aulas universitarias, por los momentos de alegrías, aprendizaje y experiencias compartidas durante la formación académica universitaria. Al Dr. Ing. Julio César Loayza Céspedes, por su desempeño brindado como asesor, por su experiencia y conocimiento compartido durante la ejecución del proyecto de investigación que ha permitido concluir la presente investigación y plasmar en este documento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Identificación del problema del objeto de investigación	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1.Problema general.....	5
1.2.2.Problema específico	5
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
2.3. Justificación de la investigación.....	6
III.HIPÓTESIS.....	8
3.1. Hipótesis general.....	8
3.2. Hipótesis específicas	8
IV.MARCO TEÓRICO.....	9
4.1. Antecedentes de la investigación	9
4.1.1.Antecedentes internacionales	9
4.1.2.Antecedentes nacionales	12
4.2. Comportamiento y rendimiento agronómico.....	15
4.3. Cultivo de espinaca	17
4.3.1.Descripción botánica y morfológica.....	17
4.3.2.Clasificación taxonómica de la espinaca	19

4.3.3.Descripción botánica de la espinaca.....	20
4.3.4.Variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.).....	22
4.3.5.Condiciones climáticas para el cultivo de espinaca.....	24
4.3.6.Manejo agronómico del cultivo del cultivo de espinaca	26
4.3.7.Producción nacional y regional	30
4.3.8.Rendimiento de la espinaca	31
4.3.9.Valor nutricional	32
4.3.10.Exigencias de la espinaca	34
4.4. Abono orgánico	35
4.4.1.Compost.....	36
4.5 Abono a base de estiércol de ave.....	43
4.5.1.Guano de isla	43
4.5.2.Gallinaza.....	44
V.METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
5.1. Enfoque de investigación	46
5.2. Tipo de investigación	47
5.3. Ámbito de estudio	47
5.3.1. Ubicación Política	47
5.3.2. Ubicación Geográfica.....	48
5.3.4. Ubicación temporal	49
5.4. Materiales.....	49
5.4.1. Materiales biológicos	49
5.4.2. Materiales para el abonamiento.....	49
5.4.3. Materiales de campo.....	50
5.4.4. Materiales de gabinete.....	51
5.5. Métodos.....	51
5.6. Diseño de investigación	52
5.7. Variables.....	53
5.8. Población, muestra y muestreo	55

5.9. Técnica e instrumentos.....	56
5.10.Procedimiento estadístico.....	64
5.11.Consideraciones éticas	65
VI.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
6.1. Comportamiento Agronómico – ALTURA - de la Espinaca.....	66
6.2. Rendimiento agronómico de la Espinaca en el área experimental.....	89
6.3. Nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca	128
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	134
7.1. Análisis del objetivo general	134
7.2. Análisis del objetivo específico 1.....	135
7.3. Análisis de objetivo específico 2.....	136
7.4. Análisis del objetivo específico 3.....	137
VIII.CONCLUSIONES	138
VII.RECOMENDACIONES.....	139
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores nutricionales de la espinaca por 100 g.....	33
Tabla 2	Clasificación de los abonos orgánicos	36
Tabla 3	Parámetros del compostaje.....	40
Tabla 4	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 7 días	66
Tabla 5	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 14 días.	66
Tabla 6	Prueba de Tukey para altura de planta a los 14 días.	67
Tabla 7	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 21 días.	68
Tabla 8	Prueba de Tukey para altura de planta a los 21 días.	69
Tabla 9	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 28 días.	70
Tabla 10	Prueba de Tukey para altura de planta a los 28 días.	71
Tabla 11	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 35 días.	72
Tabla 12	Prueba de Tukey para altura de planta a los 35 días.	73
Tabla 13	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 42 días.	74
Tabla 14	Prueba de Tukey para altura de planta a los 42 días.	75
Tabla 15	Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 49 días.	76
Tabla 16	Prueba de Tukey para altura de planta a los 49 días.	77
Tabla 17	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 7 días.....	78
Tabla 18	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 14 días.....	78
Tabla 19	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 21 días.....	79
Tabla 20	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 28 días.....	79
Tabla 21	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 35 días.....	80
Tabla 22	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 42 días.....	80
Tabla 23	Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 49 días.....	81
Tabla 24	Tratamiento de guano de isla	82
Tabla 25	Tratamiento de guano de gallinaza	84
Tabla 26	Tratamiento de guano de compost	86

Tabla 27 Tratamiento testigo.....	88
Tabla 28 Análisis de varianza para el número de hojas a la madurez fisiológica.....	89
Tabla 29 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el número de hojas en espinaca a la madurez fisiológica.	90
Tabla 30 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el número de hojas según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	91
Tabla 31 Análisis de varianza para la altura de planta desde la raíz a la madurez fisiológica.....	92
Tabla 32 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de planta desde la raíz en espinaca a la madurez fisiológica.....	93
Tabla 33 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para altura de planta desde la raíz según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.	94
Tabla 34 Análisis de varianza para el peso de la planta seca a la madurez fisiológica.	95
Tabla 35 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el peso de la planta fresca en espinaca a la madurez fisiológica.	96
Tabla 36 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el peso de la planta fresca según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.	97
Tabla 37 Análisis de varianza para la cantidad de agua en la planta a la madurez fisiológica.....	98
Tabla 38 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la cantidad de agua en la planta en espinaca a la madurez fisiológica.	99
Tabla 39 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la cantidad de agua en la planta según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.	100
Tabla 40 Análisis de varianza para el peso de materia seca en la planta a la madurez fisiológica.	101
Tabla 41 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el peso de materia seca en la planta en espinaca a la madurez fisiológica.	102
Tabla 42 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el peso de materia seca en la planta según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.	103

Tabla 43 Análisis de varianza para la altura de la planta desde el suelo a la madurez fisiológica.	104
Tabla 44 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de la planta desde el suelo en espinaca a la madurez fisiológica.	105
Tabla 45 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la altura de la planta desde el suelo según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.	106
Tabla 46 Análisis de varianza para el grosor del tallo a la madurez fisiológica.	107
Tabla 47 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el grosor del tallo en espinaca a la madurez fisiológica.	108
Tabla 48 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el grosor del tallo según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	109
Tabla 49 Análisis de varianza para la altura del tallo a la madurez fisiológica.	110
Tabla 50 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura del tallo en espinaca a la madurez fisiológica.	111
Tabla 51 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la altura del tallo según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	112
Tabla 52 Análisis de varianza para el ancho de hoja a la madurez fisiológica.....	113
Tabla 53 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el ancho de hoja en espinaca a la madurez fisiológica.	114
Tabla 54 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el ancho de hoja según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	115
Tabla 55 Análisis de varianza para la altura de hoja a la madurez fisiológica.	116
Tabla 56 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de hoja en espinaca a la madurez fisiológica.	117
Tabla 57 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la altura de hoja según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	118
Tabla 58 Análisis de varianza para la profundidad de raíz a la madurez fisiológica.....	119
Tabla 59 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la profundidad de raíz en espinaca a la madurez fisiológica.....	120

Tabla 60 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la profundidad de raíz según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	121
Tabla 61 Análisis de varianza para el grosor de la raíz a la madurez fisiológica.	122
Tabla 62 Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el grosor de la raíz en espinaca a la madurez fisiológica.	123
Tabla 63 Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el grosor de raíz según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.....	124
Tabla 64 Comparativo de tratamiento a 1000 kg/ha según abono orgánico y testigo por m ²	128
Tabla 65 Comparativo de tratamiento a 2000kg/ha según los tratamientos y testigo por m ²	129
Tabla 66 Comparativo de tratamiento a 3000kg/ha según los tratamientos y testigo por m ²	131
Tabla 67 Comparativo de tratamiento a 4000kg/ha según los tratamientos y testigo por m ²	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Descripción botánica de la espinaca	18
Figura 2	Mapa de ubicación geográfica.....	48
Figura 3	Esquema de distribución del sembrío.....	56
Figura 4	Comparativo de tratamiento a 1000 kg/ha según abono orgánico y testigo por m ²	129
Figura 5	Comparativo de tratamiento a 2000kg/ha según abono orgánico y testigo por m ²	130
Figura 6	Comparativo de tratamiento a 3000kg/ha según abono orgánico y testigo por m ²	132
Figura 7	Comparativo de tratamiento a 4000kg/ha según los tratamientos y testigo por m ²	133
Figura 8	1.-Selección y preparación de terreno	156
Figura 9	2.- Diseño y medición de parcelas	156
Figura 10	3.-Distribucion de parcelas.....	157
Figura 11	4.-Abonos utilizados	157
Figura 12	5.-Pesado de abonos	158
Figura 13	6.- Pesado de guano de isla	158
Figura 14	7.-Pesado de compost.....	159
Figura 15	8-Registro de datos.....	159
Figura 16	9.-Surcado de surcos	160
Figura 17	10.- Surcos.....	160
Figura 18	11.-Distribucion de abonos.....	161
Figura 19	12.-Semilla de espinaca.....	161
Figura 20	13.-Siembra al surco.....	162
Figura 21	14.-Siembra	162

Figura 22	15.-Primera incorporación de abono	163
Figura 23	16.-Germinacion de las primeras plantas	163
Figura 24	17.-Primera evaluaciones	164
Figura 25	18.- Evaluaciones	164
Figura 26	19.-Cantidad de plantas por metro lineal.....	165
Figura 27	20.-medicion de plantas.....	165
Figura 28	21.- Medición de plantas	166
Figura 29	22.- codificación de plantas.....	166
Figura 30	23.-Codificacion de plantas.....	167
Figura 31	24.-Codificacion.....	167
Figura 32	25.-Evaluacion	168
Figura 33	26.-Segunda incorporación de abono (21dias)	168
Figura 34	27.-Abonamiento.....	169
Figura 35	28.-Labor cultural de aporque	169
Figura 36	29.- Labor cultural de cultivo	170
Figura 37	30.-Plantas con 30 días.....	170
Figura 38	31.-Evaluacion de plantas	171
Figura 39	32.-Evaluacion	171
Figura 40	33.-Ultima evaluación	172
Figura 41	34.-Evaluacion (pesado de planta)	172
Figura 42	35.-Pesado de planta de materia seca	173

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization)
MO	Materia Orgánica
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
DBCA	Diseño de Bloques Completamente al Azar
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
mm	Milímetros
cm	Centímetros
t/ha	Toneladas por hectárea
ppm	Partes por millón
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
EM4	Microorganismos Eficientes 4
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency)
IGES	Instituto de Estrategias Ambientales Globales (Institute for Global Environmental Strategies)
FYM	Estiércol de Granja (Farm Yard Manure)
H ₂ S	Sulfuro de Hidrógeno

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*). El estudio se desarrolló en el barrio de Chumbibamba-Talavera, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, 2025. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: guano de isla, gallinaza, compost y un testigo sin abonamiento, cada uno con cuatro repeticiones. Se evaluaron variables como altura de planta, número de hojas, dimensiones foliares y altura de tallo, peso fresco y seco, extensión y grosor de raíces. Para el análisis estadístico se aplicó ANOVA y la prueba de Tukey. Los resultados mostraron que el guano de isla en la dosis de 4000 kg/ha fue el tratamiento más eficiente, al alcanzar 51,1 cm de altura, 16 hojas y 900 g de peso fresco de 10 plantas, lo que representó un rendimiento de 36 t/ha. En contraste, el testigo registró 25,4 cm de altura, 9 hojas y 70 g de peso fresco de 10 plantas, equivalente a 2.8 t/ha. La gallinaza y el compost lograron rendimientos intermedios, sin superar los 12.04 t/ha y 9.2 t/ha, respectivamente. Se concluye que el guano de isla a 4000 kg/ha mejora de manera significativa el comportamiento agronómico y la productividad de la espinaca, constituyéndose en una alternativa orgánica sostenible frente al uso de fertilizantes químicos en Andahuaylas.

Palabras clave: Espinaca, Guano de isla, Abonos orgánicos, Comportamiento agronómico, Rendimiento.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of organic fertilizers on the behavior and agronomic performance of spinach (*Spinacia oleracea* L.). The study was conducted in the Chumbibamba-Talavera neighborhood, Andahuaylas province, Apurímac region, 2025. A quantitative approach and a completely randomized design were used, with four treatments: island guano, chicken manure, compost, and a control without fertilization, each with four replicates. Variables such as plant height, number of leaves, leaf dimensions and stem diameter, fresh and dry weight, root length and thickness were evaluated. ANOVA and Tukey's test were used for statistical analysis.

The results showed that island guano at a dose of 4000 kg/ha was the most efficient treatment, reaching 51.1 cm in height, 16 leaves, and 900 g of fresh weight from 10 plants, representing a yield of 36 t/ha. In contrast, the control recorded 25.4 cm in height, 9 leaves, and 70 g of fresh weight from 10 plants, equivalent to 2.8 t/ha. Chicken manure and compost achieved intermediate yields, not exceeding 12.04 t/ha and 9.2 t/ha, respectively. It is concluded that island guano at 4000 kg/ha significantly improves the agronomic performance and productivity of spinach, making it a sustainable organic alternative to the use of chemical fertilizers in Andahuaylas.

Keywords: Spinach, Island guano, Organic fertilizers, Agronomic performance, Yield.

INTRODUCCIÓN

La agricultura actual enfrenta serios desafíos derivados del uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes químicos, los cuales ocasionan degradación del suelo, pérdida de materia orgánica, salinización y contaminación hídrica. Esta problemática afecta especialmente a los pequeños productores de zonas como Talavera–Andahuaylas, donde el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) constituye una actividad económica relevante, pero su productividad se ve limitada por la dependencia de insumos sintéticos y por la falta de información técnica sobre alternativas de abonamiento orgánico. Aunque en la región existe disponibilidad de abonos como guano de isla, gallinaza y compost, su uso sigue siendo empírico y sin criterios experimentales que permitan determinar sus efectos reales sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*) Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar estudios que aporten soluciones sostenibles y aplicables a los sistemas hortícolas de la zona. Ante este contexto, la investigación se planteó como objetivo principal evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera–Andahuaylas, así como determinar cuál de ellos y en qué dosis proporciona mejores resultados. Para ello se consideró tres tipos de abonos orgánicos guano de isla, gallinaza y compost aplicados en cuatro dosis crecientes 1,2,3,4 t/ha con la finalidad de analizar su influencia sobre variables clave del cultivo, tales como altura de planta, número de hojas, dimensiones foliares, peso fresco y seco, profundidad radicular y rendimiento total por hectárea.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo y un diseño completamente al azar, con un “Diseño de Bloques Completamente al Azar” (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. El experimento se llevó a cabo en condiciones reales de campo en el barrio de Chumbibamba del distrito de Talavera, empleando materiales biológicos seleccionados y registrando datos periódicos de crecimiento durante el ciclo del cultivo. Para

el análisis estadístico se aplicó ANOVA con el fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos, complementado con la prueba de comparación múltiple de Tukey, lo que permitió determinar qué abono y en qué nivel generó la mejor respuesta agronómica.

Los resultados demostraron que el guano de isla, especialmente en la dosis de 4000 kg/ha, fue el tratamiento más eficiente, al registrar los valores más altos en altura de planta, número de hojas, peso fresco y rendimiento total, alcanzando 36 t/ha. En contraste, el testigo sin abonamiento obtuvo rendimientos considerablemente 2.8 t/ha, mientras que la gallinaza y el compost presentaron respuestas intermedias. Estos hallazgos evidencian que los abonos orgánicos no solo mejoran significativamente el comportamiento agronómico de la espinaca, sino que constituyen una alternativa sostenible y económicamente viable para los productores locales, contribuyendo a la conservación del suelo y a la reducción del uso de fertilizantes químicos.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema del objeto de investigación

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha generado efectos negativos en los sistemas agrícolas, tales como la salinización del suelo y el agotamiento progresivo de sus nutrientes, provocando que los agricultores se vuelvan dependientes de los fertilizantes sintéticos (Beltrán et al., 2019). En el mundo, se aplican más de 90 millones de toneladas de fósforo y potasio y más de 100 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados cada año para que los cultivos tengan una buena producción. Por lo tanto, el uso excesivo de fertilizantes o abonos artificiales provoca la contaminación del agua y del suelo (Vega et al., 2021).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estima que para el año 2050, más de 9000 millones de personas habitarán el planeta. Esto implicará un incremento en la demanda de productos agrícolas, lo cual es esencial que sea constante y a precios accesibles. Esto contribuirá a un marco de desarrollo sostenible que impulse el progreso en áreas rurales, las cuales, en América Latina y el Caribe, sufren una elevada pobreza, siendo 1.8 veces más alta que en los espacios urbanos (Carvalho y Casas, 2022).

En América Latina, la horticultura es una actividad esencial para la economía de los hogares rurales y para la seguridad alimentaria. No obstante, el empleo excesivo de fertilizantes sintéticos ha provocado dificultades como la salinización y la disminución de materia orgánica en los terrenos (Altieri y Nicholls, 2012). Los estudios realizados en naciones como Colombia y México evidencian que el uso de abonos orgánicos incrementa la calidad y los rendimientos de las hortalizas, lo cual representa una opción factible ante el elevado precio de los insumos químicos (Pérez-Montaña et al., 2014)

El Perú, pese a contar con condiciones agroecológicas favorables, enfrenta serios problemas de degradación de suelos. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2016), más del 30 % de los suelos agrícolas presenta erosión y pérdida de fertilidad. Además, el costo de producción se incrementa y la competitividad de los productores pequeños se ve limitada por la dependencia de fertilizantes químicos (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI)., 2022). Por esta razón, el uso de compost, gallinaza y guano de isla para el abonamiento orgánico se presenta como una táctica sostenible para cultivar vegetales de hoja, como la espinaca (Vásquez et al., 2020).

Por otra parte, la inadecuada gestión de los residuos agrícolas produce un volumen considerable de desechos que tienen un alto potencial contaminante; esto como consecuencia del desconocimiento o falta de alternativas para poder darles un uso adecuado (Ramos y Terry, 2014). En ese marco, de acuerdo con Valenzuela (2016), la producción de espinacas en Apurímac es escasa por varias razones, entre ellas que se emplean fertilizantes químicos en áreas pequeñas y que aun así no satisface la demanda local ni la calidad de las verduras ofrecidas en el mercado. Este aspecto es resaltado también por Guillerhwa (2018) que indica que la agricultura en la provincia de Andahuaylas se enfrenta a desafíos como el calentamiento del clima, la contaminación de los suelos y las aguas debido a un empleo incorrecto de agroquímicos como fosforado y clorado, lo cual tiene un efecto adverso en la producción orgánica y en los resultados de la producción agrícola. Es por ello que no solo es pertinente, sino también importante evaluar técnicas y medios para desarrollar la agricultura orgánica en esta provincia; razón por la que el estudio subsiguiente pretende examinar la conducta y eficacia agronómica de la espinaca con abonos orgánicos (gallinaza, compost y guano de isla).

El distrito de Talavera, en la provincia de Andahuaylas, se caracteriza por una importante producción de hortalizas, entre ellas la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), destinada

principalmente al mercado local. No obstante, muchos productores continúan empleando fertilizantes químicos de manera empírica, sin criterios técnicos claros sobre la cantidad, el momento de aplicación ni las posibles consecuencias ambientales. Paralelamente, aunque en la zona existe disponibilidad de abonos orgánicos, su uso es limitado y no se cuenta con suficiente información experimental que demuestre su eficiencia en el cultivo de espinaca ni las dosis más convenientes para alcanzar buenos rendimientos.

Esta falta de evidencia técnica provoca que los agricultores mantengan prácticas de fertilización poco sostenibles, lo que puede traducirse en rendimientos variables, incremento de costos de producción, deterioro paulatino del suelo y desaprovechamiento de recursos orgánicos locales. En consecuencia, se hace necesario generar información científica que permita comparar el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el crecimiento y la productividad de la espinaca en las condiciones agroecológicas de Talavera-Andahuaylas, así como identificar el nivel de abonamiento que ofrezca mejores resultados agronómicos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo es el comportamiento agronómico de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024?
- b. ¿Cuál es el rendimiento de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024?
- c. ¿Cuál es el nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1.Objetivo general

Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.

2.2.Objetivos específicos

- a) Determinar el comportamiento agronómico de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.
- b) Evaluar el rendimiento de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.
- c) Determinar el nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.

2.3. Justificación de la investigación

Desde una perspectiva general, la utilización de abonos orgánicos en las actividades agrícolas se presenta como una alternativa ante los problemas derivados del uso intensivo de fertilizantes químicos. El empleo prolongado de insumos sintéticos deteriora la fertilidad del suelo y favorece la contaminación de cuerpos de agua, con efectos negativos sobre los organismos acuáticos. (Reyes et al., 2017). Paralelamente, a nivel mundial se generan grandes volúmenes de residuos sólidos orgánicos que podrían ser aprovechados como materia prima para la elaboración de abonos, contribuyendo así a la disminución de la carga contaminante y al fortalecimiento de una agricultura más sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2023).

En el contexto de la provincia de Andahuaylas, el cultivo de espinaca enfrenta limitaciones asociadas al manejo inadecuado del suelo y a la dependencia de productos químicos, lo que no permite satisfacer la demanda local de manera sostenida. Frente a ello, la presente investigación se justifica en el plano práctico ya que busca determinar qué tipo y

dosís de abono orgánico optimizan el comportamiento y el rendimiento de la espinaca, mejorando la productividad y prolongando las propiedades físicas y químicas del suelo. Asimismo, posee relevancia social y ambiental al promover el uso de abonos orgánicos como parte de una agricultura sostenible, que favorece el aprovechamiento de residuos orgánicos y la reducción de impactos ambientales negativos en la región.

La investigación cobra importancia porque responde a una problemática actual que afecta directamente la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental en Talavera–Andahuaylas: el uso excesivo de fertilizantes químicos y la falta de información técnica sobre alternativas orgánicas. En un contexto donde los suelos muestran signos de degradación, los costos de producción aumentan y los agricultores dependen cada vez más de insumos sintéticos, evaluar el efecto real de abonos orgánicos como guano de isla, gallinaza y compost se vuelve fundamental. Este estudio aporta evidencia científica sobre qué tipo de abono y en qué dosis mejora el crecimiento y rendimiento de la espinaca, un cultivo de gran importancia económica y nutricional en la región. Asimismo, ofrece una alternativa sostenible que promueve la fertilidad del suelo, reduce impactos ambientales, aprovecha residuos locales y contribuye a una agricultura más rentable y ecológica. Al proporcionar información experimental confiable, la investigación fortalece la toma de decisiones de los productores y fomenta prácticas agrícolas responsables que benefician tanto a las familias rurales como al ambiente.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El efecto de los abonos orgánicos mejora el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.

3.2. Hipótesis específicas

- a) El comportamiento agronómico de la espinaca mejora con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.
- b) El rendimiento agronómico de la espinaca mejora con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.
- c) El nivel óptimo de abono orgánico es altamente eficiente en la producción de espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. *Antecedentes internacionales*

Siddiqui et al. (2021) realizaron un estudio titulado “Estiércol de aves de corral como abono orgánico con o sin enmienda de biocarbón: influencia en el crecimiento y la acumulación de metales pesados en lechugas y espinacas y nutrientes del suelo” **El objetivo** fue establecer el impacto del estiércol de aves de corral mezclado con biochar, que se produce con estiércol de granja (FYM) o madera, en la producción de biomasa y en la concentración de metales pesados en las hojas de espinaca y lechuga. La **metodología** fue cuantitativa, con un diseño experimental que utilizó biocarbón derivado de la madera pirolizada y estiércol vacuno en una relación de 1:1. Los **resultados** mostraron que la mezcla de estiércol de aves con biocarbón derivado de madera en ambas tasas de aplicación (10% y 15%) y con biocarbón FYM en una tasa de aplicación más baja (10%) causó un aumento de 2 a 3 veces en la biomasa vegetal aérea y aumento de 2 a 14 veces en la biomasa de las raíces ($p < 0,05$); también hubo un aumento significativo de 2 a 3 veces en la biomasa vegetal aérea en respuesta a la mezcla de estiércol de aves con biocarbón derivado de la madera y de FYM a tasas de enmienda del 10%; la concentración de N mineral y P inorgánico soluble fue mayor en los suelos de todos los demás tratamientos. En espinacas, la enmienda del estiércol de aves o su co-enmienda con biocarbón de FYM aumentó significativamente la biomasa vegetal aérea en un 7% (42 t/ha^{-1} aprox.) en comparación con las tasas de enmienda del 3% y 5% (equivalente a 18 y 30 t/ha^{-1} respectivamente). Se **concluyó** que altas tasas de aplicación de estiércol de ave de corral o biochar, reducen significativamente el crecimiento de la lechuga; sin embargo, en combinación con altas tasas de aplicación, mejoró significativamente la producción de biomasa; se redujo la concentración de metales pesados, y aumenta la eficiencia del uso de nitrógeno.

Balkrishna et al. (2025) realizaron el estudio titulado “*Effects of Organic Fertilizers on Growth, and Yield Potential of Spinach*”, desarrollado en el Instituto de Investigación Orgánica Patanjali (PORI), Haridwar, India. **El objetivo** de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre el crecimiento y el rendimiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea*), considerando parámetros de crecimiento vegetativo, fisiológicos y productivos del cultivo. **La metodología** fue de enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de bloques completamente al azar (RCBD). Se evaluaron seis tratamientos de fertilización orgánica (control sin fertilización, Bio-NPK, Jaivik Khad, Dharti ka Chaukidar, Jaivik Prom, Jaivik Poshak y Pori Potash), con tres repeticiones. Las variables analizadas incluyeron altura de planta, biomasa total aérea y radicular, área foliar, número de hojas por planta, contenido total de clorofila (SPAD) y rendimiento total de hojas por parcela, evaluadas a los 30 y 60 días después de la siembra. Asimismo, se calcularon la tasa relativa de crecimiento (RGR), la tasa neta de asimilación (NAR) y la eficiencia agronómica (AE). El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett, con un nivel de significancia estadística ($p \leq 0,05$). **Los resultados** mostraron que todos los tratamientos con fertilizantes orgánicos tuvieron efectos positivos significativos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de espinaca en comparación con el tratamiento control. Se observó un incremento significativo en la biomasa aérea y radicular, destacando los tratamientos Jaivik Poshak, Dharti ka Chaukidar y Pori Potash. La tasa relativa de crecimiento fue mayor en el tratamiento T2 (0,22) a los 30 días, mientras que a los 60 días los tratamientos T3 y T5 presentaron valores favorables. El área foliar, el número de hojas y el contenido de clorofila también aumentaron significativamente con la aplicación de fertilizantes orgánicos, evidenciando una mejora en la eficiencia fotosintética del cultivo. En cuanto al rendimiento, los mayores valores de producción de hojas se registraron en los tratamientos Jaivik Khad, Jaivik Prom y Jaivik Poshak, especialmente a los 60 días después de la siembra. Además, la eficiencia agronómica fue mayor en el tratamiento Jaivik Poshak, indicando un uso más eficiente del fertilizante aplicado. **Se concluyó** que la aplicación de fertilizantes orgánicos mejora significativamente el comportamiento agronómico y el rendimiento de la espinaca, destacando su efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo, la eficiencia fisiológica y la productividad del cultivo. Asimismo, se determinó que la combinación de fertilizantes orgánicos

con Bio-NPK potencia sus efectos, constituyéndose en una alternativa sostenible para la producción de espinaca y otros cultivos hortícolas de hoja.

En Bolivia, Chambi et al. (2020) realizaron una investigación titulada “Comportamiento agronómico de la espinaca morada (*Atriplex hortensis* L.) con diferentes niveles de Bokashi bajo condiciones de ambiente protegido en la ciudad de El Alto”. El **objetivo** fue examinar cómo los niveles de Bokashi tienen un impacto en las variables fenológicas y agronómicas, además del rendimiento y la investigación económica de *Atriplex hortensis* L. (espinaca morada) en un entorno protegido. La **metodología** fue de enfoque cuantitativo, diseño experimental, con 4 tratamientos T1 (estiércol de ovino) y T1, T2 y T3 con Bokashi 10 t/ha, 30 t/ha y 60 t/ha respectivamente. Los **resultados** mostraron que, antes de la primera cosecha, a los 49 días; el promedio de altura de la planta fue mejor el T4 (15.19 cm) y peor en la T1 (12.35 cm); el diámetro del tallo y largo del peciolo no mostraron resultados diferente estadísticamente, pero fue mejor en el T4 (5.22 cm y 3.29 cm respectivamente); la longitud y anchura de la hoja si mostró resultados estadísticamente significativos, con mejor resultado en el T4 (7.81 cm y 6.68 cm respectivamente); también se obtuvo más hojas por plantas en el T4, con 13 hojas; el peso de la materia verde también fue mejor en el T4, con 8.83 g. y peor en el T1, con 4.67 g.; tras la cosecha (84 días), el rendimiento fue mejor en el T4, con 560.16 g/m². Se **concluyó** que el tratamiento 4 tuvo un mejor desempeño y comportamiento, así como que al sustrato de producción se le añadió Bokashi, abono orgánico, lo cual mejoró las variables agronómicas y de rendimiento.

Amador (2020) realizó un estudio titulado “Comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), con diferentes niveles de estiércol de ovino en ambientes atemperados, en el municipio de Patacamaya”. El **objetivo** fue valorar el comportamiento de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) desde el punto de vista agronómico en condiciones templadas, en el municipio de Patacamaya, con distintas cantidades de estiércol ovino. Se utilizó un **método** experimental y cuantitativo, el cual consistió en cuatro tratamientos y tres

repeticiones. Se originaron a partir de tres dosis de estiércol ovino, las cuales contenían un control (0%, 5%, 9% y 14%). Los **resultados** indicaron que, respecto a la tasa de emergencia de plántulas y rendimiento, el tratamiento testigo (sin abono), mostró mejor resultado, con 48.3% y 34.38 t/ha respectivamente; la altura de la planta fue mayor con el T1 (1.58 kg/m²), con 21.2 cm; respecto a la cobertura foliar y la longitud de raíz, el T2 (3.16 kg/m²) mostró un mejor resultado, con 0.07 cm² y 11.6 cm respectivamente; el peso total y el número de hojas fue mejor con el T3 (4.74 kg/m²), con 77.6 gramos y 38 hojas respectivamente; en cuanto al análisis económico, el T0 y T1 tuvieron mejores beneficio/costo con un promedio de 1.50 bolívares.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Mateu (2019) realizó un estudio titulado “Guano de islas y microorganismos eficaces ME en la precocidad y rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Canaán, 2750 msnm. Ayacucho en el periodo octubre - noviembre de 2018”. El **objetivo** fue estudiar cómo el guano de islas y los microorganismos efectivos inciden en la velocidad del crecimiento y la cantidad de producción de la cosecha de espinaca Viroflay. La **metodología** se basó en un enfoque cuantitativo, utilizando un diseño experimental de bloque completo aleatorizado y un arreglo factorial con 4 dosis. Se usó un enfoque práctico. Los **resultados** mostraron que cuando se aumenta la cantidad de guano de islas, se reduce el tiempo necesario para alcanzar la madurez comercial; específicamente, son 40.78 días con una dosis de 3 t/ha. El rendimiento y sus elementos en el cultivo de espinaca fueron afectados directamente por las dosis que se aplicaron. La segunda dosis (2 t/ha) mostró un rendimiento similar al de la dosis más alta (3 t/ha) En términos estadísticos, con 18 421 kg y 16 221 kg, respectivamente. Por otro lado, la menor producción se obtuvo con el testigo que carecía de guano de islas (154 kg/ha). **Conclusión** se determinó que aumentar la cantidad de guano de isla tiene un efecto opuesto en la rapidez con la que crece el cultivo de espinaca. El uso de 3

toneladas por hectárea de guano de islas hizo que los cultivos alcanzaran la madurez comercial en menos días.

Maquerrhua (2019) realizó un estudio titulado “Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo condiciones de fitotoldo en K’ayra-Cusco”. El **objetivo** fue establecer el impacto de la fertilización y el abonamiento en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de fitotoldo en K’ayra-Cusco. La **metodología** empleada fue de enfoque cuantitativo y diseño estadístico DBCA (de Bloques Completos al Azar). Los **resultados** indicaron que el guano de isla (100%) logró los siguientes valores: 140.13 g, 13.43 hojas en promedio, 42.78 cm, 15.33 cm, 17.60 cm y 6.98 cm; mientras que para el estiércol de vacuno (100%), los resultados fueron: 133.53 g, 12.60 hojas como media, 41.40 cm, 14.58 cm, 16.70 cm y finalmente 6.63 cm; el tratamiento compost (100%) mostró los siguientes valores: 129.60 g, 11.85 hojas en promedio, 39.33 cm, 14.18 cm, 16.03 cm y 6.33 cm en el mismo orden; para el tratamiento con humus de lombriz los valores fueron: 120 g., 11.33 hojas, 38.10 cm, 13.85 cm, 15.25 cm y 6.125 cm en el mismo orden; y para el testigo los valores fueron: 116.20 g., 11.13 hojas, 36.38 cm, 13.08 cm, 15.03 cm y 5.80 cm en el mismo orden. Se **concluyó** que, sin considerar el tratamiento químico; el guano de isla logró un mayor rendimiento y mejor comportamiento agronómico en el cultivo de espinaca.

Salazar (2019) realizó un estudio titulado “Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos y aplicación de microelementos al follaje en el cultivo de espinaca variedad rushmore (*Spinacia oleracea*) en el invernadero de la ciudad universitaria–Huaraz–Ancash”. El **objetivo** fue establecer el impacto de la utilización de microelementos y abonos orgánicos en el follaje en la siembra de espinaca variedad Rushmore (*Spinacia oleracea*). La **metodología** empleada fue cuantitativa, con un enfoque explicativo y un diseño experimental. Se utilizó estiércol de vacuno, ovino, cuy y un testigo; además se añadió el

15% de microelementos en tres repeticiones. En los **resultados** se demostró que el estiércol de cuy generó la respuesta agronómica óptima, porque se obtuvo la superficie foliar más amplia (7.34 d m²), el número mayor de hojas (25) y el rendimiento más elevado (20 t/ha). En lo que respecta a la altura, no obstante, los resultados óptimos se obtuvieron con estiércol ovino, de 32 cm. Sin embargo, no se halló un impacto relevante o significativo de los abonos orgánicos en la altura (el coeficiente de variabilidad es igual a 2.44%). Se **concluyó** que, en comparación con los otros abonos orgánicos empleados durante el experimento, la utilización de estiércol de cuy y ovino genera resultados más favorables en términos de área foliar, altura de planta, cantidad de hojas y rendimiento.

Janampa (2018) realizó un estudio titulado “Niveles de estiércol de ovino y formas de siembra en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Arizona-3200 msnm, Ayacucho”. El **objetivo** fue analizar cómo cuatro niveles de estiércol ovino (0, 2, 4 y 6 toneladas por hectárea) y dos métodos de siembra (surco y melgas) incidían en la productividad de espinaca. La **metodología** se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de carácter aplicado y un alcance explicativo. Los **resultados** revelaron que, al sembrar en melgas con una dosis de 4 t/ha de estiércol ovino, las plantas alcanzaron una longitud de 23.62 cm; en surcos, la siembra presentó una longitud de 18.75 cm. En ambas modalidades de siembra, la cantidad máxima de hojas fue de 12. La dosis óptima de guano ovino era de 6.4 t/ha, lo que daba como resultado 337460 plantas por hectárea; el rendimiento más alto tanto en materia seca como en espinaca (al sembrar en melgas) fue a nivel del 4 t/ha (dando lugar a rendimientos respectivos de 1707 kg/ha-1 y 20896 kg/ha-1). En surcos, los mejores rendimientos se lograron utilizando respectivamente las dosis de 6 t/ha-1 y 4 t/ha-1 (1265 kg/ha-1 y 15100 kg/ha-1). Para los tratamientos con siembras en melgas con dosis respectivas de 4,2 y 6 t/ha-1 se obtuvo la mayor rentabilidad: 172%, 157% y 125%. Se llegó a la **conclusión** de que, en cuanto a la

producción de espinaca, la siembra en melga y el uso de estiércol de ovino tuvieron un mayor impacto positivo; no obstante, en lo que se refiere a la rentabilidad, fue superior con 4 t/ha-1.

4.2. Comportamiento y rendimiento agronómico

El rendimiento de un sistema productivo es fundamental para el desarrollo económico de los agricultores; éste se computa tomando en cuenta la producción por cada unidad de superficie sembrada. (Montealegre et al., 2021). De acuerdo con Rocha et al. (2018) en términos agronómicos, la producción por individuo o por unidad de superficie se estima con base en la productividad de un cultivo. Ésta muestra la manera en que interactúan los elementos de manejo, genéticos y ambientales. Además, la producción de la mayoría de los cultivos está condicionada por el equilibrio entre la biomasa del crecimiento de las partes cosechadas y el resto de la planta.

Factores ambientales. Los factores meteorológicos, como las heladas, las lluvias, los ciclos de temperatura y otros, se incluyen en este grupo (Espinoza et al., 2018).

Factores genéticos. La variabilidad genética es importante ante condiciones adversas; pues, en función a ésta pueden generarse variedades más resistentes y/o tolerantes (Gabriel y Ancasi., 2012). El genotipo también es importante porque ayuda a captar los recursos naturales de manera eficiente y producir el mayor rendimiento en un entorno objetivo (Senapati y Semenav, 2020).

Factores de manejo. Espinoza et al. (2018) señala que la experticia de un agricultor logra maximizar la productividad mediante una gestión precisa y oportuna de las actividades agrícolas, con ayuda de recursos económicos y tecnología adecuada. Por otro lado, el bajo rendimiento productivo, señalan Montealegre et al. (2021) se relaciona con las malas prácticas en la gestión de cultivos, como lo son: no manejar adecuadamente las podas de cultivo en el momento apropiado, la ausencia de manejo cultural de las enfermedades más

comunes, no gestionar los árboles de sombra, la falta de aplicación adecuada de abonos y no hacer una cosecha a tiempo.

De acuerdo con Bolo et al. (2020) la productividad de un cultivo se ve beneficiada por el aumento de la materia orgánica del suelo y por la edad de los árboles, debido a que esto contribuye a la creación de macroporos y otras características físicas del terreno, como su densidad aparente, su consistencia, su estructura y su porosidad total. Estos factores propician que el suelo tenga una aireación apropiada.

A través de un análisis bibliográfico, Arrieta y Arpi (2021) determinaron un modelo matemático de funciones polinómicas de segundo grado para representar las relaciones entre las variables; que permite determinar el rendimiento de diversos cultivos en función de: precipitación pluvial, temperatura máxima y temperatura mínima, y que tiene como modelo principal:

$$RD_t^i = \beta_0 + \beta_1 Precip_{it} + \beta_2 Precip_{it}^2 + \beta_3 Tmax_{it} + \beta_4 Tmax_{it}^2 + \beta_5 Tmin_{it} + \beta_6 Tmin_{it}^2 + \epsilon_{it}$$

Donde:

RD_t^i : Rendimiento del cultivo i en el periodo t

$Precip_{it}$: Precipitación Pluvial acumulada del cultivo i en el periodo t(mm)

$Tmax_{it}$: Temperatura máxima promedio del cultivo i en el periodo t (°C)

$Tmin_{it}$: Temperatura mínima promedio del cultivo i en el periodo t (°C)

ϵ_{it} : Término de error del cultivo i en el periodo t

De modo que, a mayor precipitación pluvial hasta cierto máximo el rendimiento crecerá, pasado ese punto habrá merma; y a mayores temperaturas máximas mayor rendimiento, pero excesivas temperaturas máximas el rendimiento se verá afectado; de igual manera con la temperatura mínima.

Además, presenta cómo cada variable afecta de manera individualmente en el cultivo a través de las siguientes ecuaciones:

$$a) Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 Precip_{it} + \beta_2 (Precip_{it})^2 + \epsilon_{it}$$

$$b) Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tmax_{it} + \beta_2 (Tmax_{it})^2 + \epsilon_{it}$$

$$c) Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tmin_{it} + \beta_2 (Tmin_{it})^2 + \epsilon_{it}$$

Donde:

Q_{it} : Rendimiento de los cultivos

Y la forma funcional cuadrática con todas las variables climáticas en conjunto se expresa como:

$$Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 Precip_{it} + \beta_2 Precip_{it}^2 + \beta_3 Tmax_{it} + \beta_4 Tmax_{it}^2 + \beta_5 Tmin_{it} + \beta_6 Tmin_{it}^2 + \epsilon_{it}$$

4.3. Cultivo de espinaca

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es una planta con hojas que pertenece a la familia de las Amaranthaceae. Su cultivo se da principalmente en lugares fríos o cuando hace frío en cualquier parte del mundo (Tai et al., 2020) y (Ribera et al., 2020). La planta tiene una raíz principal que se extiende hacia el suelo de manera superficial, y esta raíz puede alcanzar hasta un metro de profundidad. A pesar de esto, la parte de arriba tiene un tallo muy corto y un grupo de hojas enteras, con pecíolos y formas variadas (Kehr et al., 2014).

4.3.1. Descripción botánica y morfológica

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es una especie herbácea anual (ocasionalmente bienal), perteneciente a la familia *Amaranthaceae*. Se caracteriza por desarrollar inicialmente una roseta basal de hojas comestibles y, cuando inicia la fase reproductiva (espigado o “bolting”), emite un tallo floral con hojas más pequeñas. Sus hojas son simples y alternas, de forma variable (generalmente ovadas a triangulares), y las flores son pequeñas,

verdosas e inconspicuas; tras la floración forma frutos secos pequeños que contienen semillas. (GBIF Secretariat, s. f.)

Rasgos morfológicos clave (para identificación y evaluación agronómica):

- Hábito: herbácea anual/bienal; porte bajo en fase vegetativa y más alto al espigar. (GBIF Secretariat, s. f.)
- Sistema radical: raíz principal (pivotante) con ramificaciones laterales (típico en dicotiledóneas). (Missouri Botanical Garden, s. f.)
- Hojas: alternas, simples; basales más grandes y superiores más pequeñas en el tallo floral; lámina ovada–triangular, tamaño variable. (GBIF Secretariat, s. f.)
- Flores y fruto: flores pequeñas verdosas; fruto seco pequeño con semillas (útil para caracterización varietal/semillera). (GBIF Secretariat, s. f.)

Figura 1

Descripción botánica de la espinaca



Nota. Tomado de Cámara de Comercio de Bogotá (2015).

4.3.2. Clasificación taxonómica de la espinaca

La espinaca es una especie hortícola de hoja perteneciente al grupo de las hortalizas de clima templado-frío, ampliamente cultivada a nivel mundial para consumo fresco y procesamiento industrial. Taxonómicamente, se clasifica de la siguiente manera:

- **Dominio:** Eukaryota
- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta (en clasificaciones modernas suele usarse Angiosperms / Tracheophyta como clado)
- **Clase:** Magnoliopsida (en APG suele reemplazarse por clados; “Magnoliopsida” es más tradicional)
- **Orden:** Caryophyllales
- **Familia:** Amaranthaceae
- **Género:** *Spinacia*
- **Especie:** *Spinacia oleracea* L.

Esta especie se caracteriza por presentar hojas carnosas de color verde intenso, dispuestas en roseta, con un ciclo vegetativo relativamente corto y elevada demanda nutricional, especialmente en nitrógeno, lo que la hace muy sensible al tipo y dosis de fertilización utilizada en campo.

Asimismo, el sistema de raíces tiene una raíz principal que crece hacia abajo, con pocas ramas y se desarrolla cerca de la superficie. Las flores masculinas se agrupan en espigas, y hay entre 6 y 12 flores en cada espiga, ya sea en la parte superior o en los laterales. Estas espigas tienen un conjunto de partes que incluye entre 4 y 5 pétalos y cuatro estambres. Las flores femeninas se agrupan en racimos en las axilas. Estas últimas tienen una parte exterior con cuatro dientes, con ovarios que producen un solo óvulo, un estilo único y un estigma que se divide en segmentos que pueden ser de tres a cinco (Campos et al., 2016).

4.3.3. Descripción botánica de la espinaca

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es una especie herbácea anual perteneciente a la familia Amaranthaceae (anteriormente Chenopodiaceae). Se caracteriza por presentar un ciclo vegetativo corto, alta capacidad de adaptación y elevada respuesta a las condiciones edafoclimáticas, lo que la convierte en un cultivo importante en sistemas hortícolas intensivos (Taiz et al., 2018).

4.3.3.1. Hábito de crecimiento

La espinaca es una planta herbácea, anual, con crecimiento inicial en forma de roseta basal. Su porte es bajo, generalmente alcanzando entre 20 y 40 cm de altura. En la etapa reproductiva desarrolla un tallo floral erecto que puede llegar hasta los 70 cm, dependiendo de la variedad y condiciones ambientales (Salisbury y Ross, 2020).

4.3.3.2. Sistema radicular

Posee una raíz pivotante bien desarrollada, corta y cónica, con numerosas raíces secundarias superficiales. Este sistema radicular le permite buena absorción de nutrientes y agua, pero la hace sensible a la compactación del suelo y deficiencia de oxígeno (Copeland y McDonald, 2015).

4.3.3.3. Tallos

En la fase vegetativa, el tallo es muy corto y casi imperceptible, ya que las hojas se disponen en roseta. En la fase reproductiva el tallo se alarga (espigado), tornándose ramificado y de consistencia herbácea (Raven et al., 2020).

4.3.3.4. Hojas

Las hojas constituyen la parte comestible del cultivo y presentan gran variabilidad morfológica:

- **Disposición:** alternas.

- **Forma:** ovaladas, lanceoladas o triangulares.
- **Superficie:** pueden ser lisas o rugosas.
- **Color:** verde claro a verde oscuro.
- **Pecíolo:** largo y delgado.
- **Lámina:** carnosa, con textura tierna, rica en hierro, vitaminas y compuestos antioxidantes (GBIF, s. f.) (Isaza et al., 2025).

El vigor foliar depende directamente del manejo nutricional y de factores como temperatura y humedad (Matías-Pérez et al., 2024).

4.3.3.5. Inflorescencias y flores

La espinaca es una especie dioica, aunque pueden presentarse plantas monoicas.

- **Flores masculinas:** se agrupan en glomérulos axilares; poseen cinco tépalos y cinco estambres.
- **Flores femeninas:** se presentan individualmente o en pequeños grupos; tienen un ovario súpero con un estilo y dos a cuatro estigmas filiformes.

La polinización es principalmente anemófila (por viento).

4.3.3.6. Fruto y semilla

El fruto es un **aquenio** pequeño, seco y generalmente cubierto por el perigonio persistente. La semilla es lisa o espinosa según la variedad e incluye:

- **Color:** marrón oscuro.
- **Tamaño:** 2–4 mm.
- **Germinación:** óptima entre 10–20 °C, con emergencia a los 7–14 días.

Las semillas presentan dormancia ligera, por lo que suelen tratarse previamente para uniformizar la germinación.

4.3.3.7. Ciclo fenológico

El ciclo de la espinaca es corto, entre 40 y 60 días para producción de hojas, aunque depende de:

- Temperatura
- Fotoperiodo
- Manejo agronómico
- Disponibilidad de nutrientes (Drost, 2020; Center for Agriculture, Food and the Environment–UMass Extension Vegetable Program, 2013).

Temperaturas elevadas y días largos favorecen el espigado prematuro, reduciendo el rendimiento (Chun et al., 2000).

4.3.3.8. Exigencias ecológicas generales

- **Clima:** fresco; óptimo entre 15–20 °C.
- **Suelo:** suelto, bien drenado, con buena materia orgánica.
- **pH ideal:** 6.0 a 7.0.

La espinaca responde de manera marcada a la fertilidad del suelo y al uso de abonos orgánicos, lo que se relaciona directamente con tu investigación sobre rendimiento agronómico.

4.3.4. Variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)

Las variedades de espinaca se clasifican según la morfología de las hojas, el ciclo vegetativo, la tolerancia al espigado, la adaptación climática y el uso agronómico. Las más reconocidas a nivel internacional son: Savoy, Semi-Savoy, Flat-leaf y las variedades modernas híbridas.

Espinaca Savoy

La variedad Savoy se caracteriza por poseer hojas muy rizadas, gruesas y de color verde oscuro, con una textura firme. Su resistencia al frío es alta, lo que la hace

adecuada para climas templados y zonas con inviernos definidos. Este tipo de hoja retiene más humedad y tierra, por lo que se utiliza principalmente en producción fresca, pero requiere mayor limpieza poscosecha. Presenta buena tolerancia al espigado y un ciclo medio de producción (Rubatzky & Yamaguchi, 2012).

Espinaca Semi-Savoy

La variedad Semi-Savoy presenta hojas parcialmente rizadas, con menos textura que la Savoy, pero más consistentes que las variedades de hoja lisa. Es muy popular en agricultura comercial porque combina buena apariencia, facilidad de lavado y rendimiento elevado. Tolera relativamente bien las variaciones de temperatura y se adapta a cultivos de campo abierto y bajo invernadero. Su ciclo es generalmente corto a intermedio (Half Your Plate, s. f.; Blue Book Services, s. f.)

Espinaca de Hoja Lisa (Flat-Leaf o Smooth Leaf)

Las variedades de hoja lisa muestran láminas planas, suaves y de rápido crecimiento, con un color verde claro a medio. Son ampliamente utilizadas para procesamiento industrial, como espinaca congelada o enlatada, debido a su facilidad de lavado y manejo mecánico. Su ciclo es rápido, pero son menos resistentes al frío comparadas con Savoy. Son ideales para siembras frecuentes y cosechas continuas (University of Wisconsin–Madison Extension, 2023).

Espinaca Baby (Baby Spinach)

Estas variedades están mejoradas para cortar hojas tiernas en estadios tempranos. Se caracterizan por hojas pequeñas, suaves, uniformes y muy tiernas, con alta aceptación en mercados frescos y ensaladas gourmet. Son de ciclo corto y demandan suelos con buena fertilidad y manejo nutricional equilibrado (FAO & World Vegetable Center, 2021).

Variedades Híbridas Modernas

Los nuevos híbridos comerciales han sido desarrollados para ofrecer mayor tolerancia al espigado, resistencia a enfermedades como *Peronospora farinosa* (mildiu) y mayor productividad foliar. Combinan características de los tres tipos anteriores (Savoy, Semi-Savoy y Hoja Lisa). Entre los híbridos más difundidos internacionalmente se encuentran:

- ‘Bloomsdale Long Standing’: tipo Savoy, muy resistente al espigado.
- ‘Viroflay’: hoja grande, lisa, de alto rendimiento.
- ‘Space’: tipo Semi-Savoy, uniforme y de rápido crecimiento.
- ‘Emilia’, ‘Mazur’, ‘Kolibri’: híbridos resistentes a mildiu y adaptables a climas cálidos.

Estos híbridos se adaptan mejor a sistemas intensivos y manejo con abonos orgánicos, ya que presentan mayor eficiencia en el uso de nutrientes (Morelock & Correll, 2008).

4.3.5. Condiciones climáticas para el cultivo de espinaca

El adecuado desarrollo fisiológico y el rendimiento agronómico de la espinaca dependen de condiciones climáticas específicas, especialmente relacionadas con temperatura, altitud, luminosidad, humedad y fotoperiodo. Debido a su naturaleza de cultivo de clima templado-frío, la espinaca muestra alta sensibilidad a temperaturas extremas y días largos (Tubiello et al., 2018).

4.3.5.1. Temperatura

La espinaca es altamente adaptada a climas frescos.

- Rango óptimo de crecimiento: 15 a 20 °C (Zvalo & Respondek, 2008; Royal Horticultural Society, 2025).

- A temperaturas menores de 10 °C, el crecimiento se hace lento, aunque la planta puede tolerar ligeras heladas. (Center for Agriculture, Food and the Environment–UMass Extension Vegetable Program, 2013; Utah State University Extension, s. f.).
- A temperaturas superiores a 25 °C, se acelera la respiración y disminuye la fotosíntesis, provocando estrés térmico. (Utah State University Extension, s. f.).
- Cuando la temperatura se mantiene elevada (25–30 °C) y combinada con días largos, se induce el espigado prematuro (bolting), reduciendo drásticamente la producción de hojas. (Center for Agriculture, Food and the Environment–UMass Extension Vegetable Program, 2013; Zvalo & Respondek, 2008).

4.3.5.2. Luminosidad y fotoperiodo

La espinaca es una planta de días largos, es decir, responde al incremento de horas luz con la inducción floral.

- Para fase vegetativa y producción de hojas, se requiere fotoperiodos moderados y temperaturas frescas.
- Fotoperiodos largos (> 14 h de luz) inducen rápidamente la floración, disminuyendo el rendimiento foliar.
- Luz insuficiente genera hojas pequeñas, cloróticas y con bajo contenido de sólidos.

4.3.5.3. Altitud

El cultivo se adapta bien entre 1 800 y 3 200 m s. n. m., rangos comunes en zonas altoandinas como Talavera, Andahuaylas. (Arzapalo Valenzuela et al., 2020).

Las altitudes mayores favorecen:

- temperaturas frescas estables,

- menor presión de plagas,
- mejor calidad foliar,
- Pero pueden limitar el crecimiento si las noches son muy frías. (Rogers et al., 2008).

4.3.5.4. Humedad relativa

- Óptima entre 60 y 80 %.
- Humedades muy altas pueden favorecer la aparición de enfermedades fúngicas como mildiu y cercospora.
- Humedades muy bajas generan estrés hídrico y reducción del área foliar.

4.3.5.5. Precipitación

La espinaca requiere humedad constante en el suelo.

- Para desarrollo óptimo, se recomiendan 400–600 mm de precipitación o riego distribuido uniformemente durante el ciclo.
- El encharcamiento reduce oxigenación radicular y causa pudriciones.
- La sequía prolongada induce reducción foliar y textura dura.

4.3.5.6. Viento

Vientos fuertes pueden:

- Deshidratar el follaje (Campbell & Yu, 2025).
- Causar daño mecánico (Hodges & Brandle, 2006).
- Favorecer la pérdida de humedad del suelo (Allen et al., 1998).

4.3.6. Manejo agronómico del cultivo de espinaca

El manejo agronómico de la espinaca comprende un conjunto de prácticas orientadas a optimizar su establecimiento, desarrollo vegetativo y rendimiento, asegurando simultáneamente la calidad comercial del follaje. Como cultivo de ciclo corto, la espinaca requiere una planificación precisa de las labores de campo,

especialmente relacionadas con la preparación del suelo, la siembra, el abonamiento, las labores culturales y el manejo fitosanitario. El adecuado manejo agronómico permite maximizar la respuesta del cultivo a los abonos orgánicos, que son esenciales para mejorar la estructura edáfica, la disponibilidad de nutrientes y la retención de humedad (FAO, 2021).

4.3.6.1. Preparación del terreno

La espinaca necesita suelos sueltos, bien aireados y con buen drenaje. La preparación del terreno incluye las siguientes operaciones:

- **Limpieza y eliminación de residuos** del cultivo anterior para reducir fuentes de inóculo de enfermedades (Drost, 2020).
- **Arado o barbecho** a una profundidad de 20–25 cm para aflojar el suelo y favorecer el desarrollo radicular (Utah State University Extension, s. f.).
- **Rastra o refinamiento del suelo** para obtener una textura más homogénea, facilitando la emergencia uniforme.
- **Nivelación** del terreno, indispensable para evitar encharcamientos que predisponen al ataque de hongos (People in Need, s. f.).
- **Trazado de camas o surcos** con una separación de 1.0–1.2 m, dependiendo del sistema de riego.

Un suelo bien preparado favorece la distribución homogénea de los abonos orgánicos y mejora las condiciones de germinación.

4.3.6.2. Siembra

La siembra puede realizarse en almácigo o directamente en campo.

- **Siembra directa:** es la más utilizada.
 - Se depositan las semillas a una profundidad de 1–1.5 cm.

- La distancia recomendada es de 20–25 cm entre plantas y 30–40 cm entre hileras.
- La densidad ideal oscila entre 1.5 y 2.5 kg de semilla por hectárea, dependiendo de la variedad.
- **Siembra en almácigo:** utilizada cuando se busca mayor control inicial.
 - Las plántulas se transplantan a los 20–25 días de germinadas.

La germinación óptima ocurre entre 10 y 20 °C, logrando una emergencia uniforme en 7–14 días.

4.3.6.3. Abonamiento

El uso de abonos orgánicos es fundamental para la espinaca debido a su alta demanda de nitrógeno y su sensibilidad a la salinidad (Kelley et al., 2022; Xu et al., 2016).

- **Materias orgánicas empleadas:** compost, humus de lombriz, guano de corral, guano de isla y estiércol bien descompuesto (Naz et al., 2022; Ferreira et al., 2018).
- **Dosis recomendadas:** entre 8 y 15 t/ha según fertilidad del suelo. (Das et al., 2019)
- **Aplicación:**
 - Se incorpora al momento de la preparación del terreno para mejorar la estructura y actividad microbiana.
 - Puede complementarse con aplicaciones fraccionadas durante el crecimiento para sostener la producción de follaje (UC Cooperative Extension–Agricultural Issues Center, 2015).

Los abonos orgánicos aumentan la retención de humedad, liberan nutrientes de forma gradual y mejoran la calidad de las hojas, siendo claves en estudios como el tuyo sobre rendimiento agronómico.

4.3.6.4. Labores culturales

Durante el ciclo del cultivo se realizan diversas labores para asegurar su adecuado desarrollo:

- **Riegos:** deben ser frecuentes y ligeros, manteniendo el suelo constantemente húmedo, pero sin encharcar.
- **Deshierbes:** indispensables para evitar la competencia por luz, nutrientes y agua, especialmente durante las primeras semanas.
- **Aporque ligero:** se realiza para mejorar la fijación de las plantas y favorecer la aireación.
- **Aireación y mullido** del suelo mediante pases suaves de herramientas manuales.

Estas labores ayudan a mantener un microclima adecuado y reducen el riesgo de enfermedades.

4.3.6.5. Plagas y enfermedades

Las principales plagas que afectan a la espinaca incluyen:

- Minadores de hoja (*Liriomyza* spp.) (Mou, 2008; UC IPM, s. f.).
- Pulgones (*Aphis* spp.)
- Trips (*Frankliniella* spp.)

Entre las enfermedades más comunes se encuentran:

- Mildiu vellosa (*Peronospora farinosa*) (University of Arizona, s. f.)
- Cercosporiosis (*Cercospora beticola*) (UC Davis CPPSI, 2024; International Seed Federation, 2022)
- Damping-off en plántulas (Hort Innovation, s. f.; Magnée et al., 2022)

El manejo integrado incluye rotación de cultivos, control biológico, aplicaciones orgánicas preventivas (extractos de neem, bioles) y monitoreo continuo.

4.3.6.6. Cosecha

La cosecha se realiza cuando las hojas alcanzan tamaño comercial, generalmente entre 40 y 60 días después de la siembra, dependiendo del clima y la variedad (Center for Agriculture, Food and the Environment–UMass Extension Vegetable Program, 2013).

Existen dos modalidades:

- **Cosecha por cortes sucesivos:** se retiran las hojas externas, permitiendo que la planta continúe creciendo. (University of California Agriculture and Natural Resources, s. f.; Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. f.).
- **Cosecha total:** se corta toda la planta a ras de suelo cuando se destina al mercado fresco (University of California Agriculture and Natural Resources, s. f.).

Debe realizarse en horas frescas (tarde o mañana) para evitar pérdida de turgencia. Las hojas se clasifican y empacan cuidadosamente para preservar su calidad y vida postcosecha.

4.3.7. Producción nacional y regional

A nivel nacional, la espinaca forma parte del grupo de hortalizas de hoja cuya producción ha mostrado un crecimiento moderado dentro del sector hortícola peruano. En 2021, el conjunto de hortalizas alcanzó un valor bruto de producción de 2,846 millones de soles, consolidándose como un rubro estratégico dentro de la agricultura intensiva del país. Dentro de esta categoría, la espinaca se cultiva principalmente en la costa, donde se concentra aproximadamente el 70 % de su producción debido a la disponibilidad de suelos fértiles, climas templados y sistemas de riego tecnificado, mientras que el 30 % restante proviene de la sierra, donde su adaptabilidad permite cultivarla durante todo el año (Tridge Intelligence, 2024).

En el ámbito regional, la producción de espinaca presenta variaciones importantes entre los departamentos del país, especialmente en zonas altoandinas

donde el cultivo muestra buena adaptación entre los 2,500 y 3,000 msnm. Datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reportan que varios departamentos de la sierra, como Apurímac, Cusco y Huancavelica, registran volúmenes significativos de producción de hortalizas de hoja, incluida la espinaca, debido a su capacidad de desarrollarse en climas fríos y suelos de textura media. Asimismo, estudios agronómicos señalan que en estas regiones se viene impulsando la producción en sistemas protegidos y a campo abierto, lo que ha favorecido la expansión del cultivo y su disponibilidad durante todo el año (INEI, 2020).

4.3.8. Rendimiento de la espinaca

El rendimiento de la espinaca está determinado por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico, siendo uno de los cultivos hortícolas más sensibles a las condiciones climáticas, la disponibilidad de nutrientes y la calidad del suelo. Debido a su ciclo corto y a que la parte comercializable corresponde a las hojas, el rendimiento depende especialmente del vigor foliar, la densidad de plantación, el manejo del riego y la fertilización, particularmente la orgánica, que influye de manera directa en la emisión y tamaño de hojas (Maynard & Hochmuth, 2020).

En condiciones óptimas, los rendimientos comerciales de espinaca varían generalmente entre 10 y 25 toneladas por hectárea, aunque valores superiores pueden lograrse con variedades mejoradas y manejo tecnificado. Los sistemas de producción intensiva con riego adecuado, alta disponibilidad de nitrógeno, buena estructura del suelo y condiciones climáticas frescas pueden alcanzar rendimientos cercanos a 30–35 t/ha, especialmente cuando se implementan prácticas de fertilización orgánica que mejoran la retención de humedad y la actividad microbiana del suelo (Machado et al., 2020, 2021).

Los factores que más influyen en el rendimiento son:

- **Temperatura:** el cultivo rinde más en ambientes frescos (15–20 °C). Temperaturas altas inducen el espigado prematuro, reduciendo el área foliar y, por ende, el rendimiento (University of Massachusetts Amherst, 2013)
- **Fertilización:** la espinaca muestra elevada respuesta al nitrógeno, tanto mineral como orgánico. El uso de compost, humus de lombriz, gallinaza y guano de isla mejora notablemente el rendimiento, incrementando el número y tamaño de hojas (Koike et al., 2011).
- **Humedad del suelo:** requiere humedad constante; sequías cortas reducen el área foliar y generan hojas más duras.
- **Densidad de siembra:** altas densidades favorecen mayor biomasa por área, aunque densidades excesivas disminuyen el diámetro de las hojas.
- **Variedad:** algunas variedades presentan mayor tolerancia al calor o mayor producción de biomasa.
- **Salud del cultivo:** el control adecuado de mildiu, cercosporiosis y minadores evita pérdidas significativas.

Asimismo, el rendimiento puede expresarse en dos modalidades según el sistema de cosecha:

1. **Rendimiento por corte total**, cuando se cosecha la planta completa.
2. **Rendimiento por cortes sucesivos**, que puede aumentar la producción acumulada por hectárea hasta en un 20–30 % (Bantis et al., 2021).

4.3.9. Valor nutricional

Se valora mucho por su riqueza vitamínica y valor nutritivo, por ser una de las verduras con mayor cantidad de vitamina A, así como de calcio, fósforo, hierro, potasio y sodio. También se le reconoce por su capacidad para combatir la anemia debido a su alto contenido en hierro (Kehr et al., 2014). Las hojas comestibles de espinaca son fuentes ricas

en vitaminas y minerales, como hierro, sodio, potasio y calcio; también son ricas en luteína , un carotenoide comparable a los que se encuentran en otras verduras (Taiz et al., 2020). Asimismo, es una buena fuente de ácido fólico y tiene importancia en mujeres embarazadas, ya que participa en el desarrollo y cierre del tubo neural (Riaño et al., 2019).

De acuerdo con Butu y Rodino (2019) la *Spinacia oleracea* L. es una verdura de hoja rica en nutrientes que contiene al menos 13 flavonoides diferentes que funcionan como antioxidantes y agentes anticancerígenos, contienen vitamina K y carotenoides, con pocas calorías y ricas en vitaminas; contiene más de 20 nutrientes diferentes, incluida fibra dietética, calcio y proteínas; una taza de hojas de espinaca contiene más de la dosis diaria recomendada de vitaminas K y A, manganeso y ácido fólico y aproximadamente el 40% del requerimiento corporal de magnesio y con solo 40 calorías.

Tabla 1

Valores nutricionales de la espinaca por 100 g

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Kilocalorías	22	Magnesio	79 mg
Agua	90%	Vitamina A	469 mcg
Proteínas	2.9 g	Vitamina C	28.1 mg
Grasa	0.4 g	Betacarotenos	5.626 mg
Carbohidratos	3.4 g	Fósforo	27 mg
Fibra	3.2 g	Calcio	94 mg
Potasio	558 mg	Sodio	79 mg

Nota. Tomado de Cámara de Comercio de Bogotá (2015)

Existen numerosos beneficios para la salud asociados a su consumo que se atribuyen a sus propiedades hipolipemiantes y de protección cardiovascular, efectos antiobesidad, actividad hipoglucemiante, efectos antiinflamatorios, propiedades anticancerígenas, protección neuronal, degeneración antimacular, entre otros; además, cuentan con propiedades antioxidantes por su gran cantidad de compuestos fenólicos o flavonoides, clorofilas, ácido ferúlico y ácido cafeico, quercetina, patuletina, espinacetina y jaceidina, que se encuentran principalmente en las hojas, con niveles máximos en el verano (Murcia et al, 2020).

4.3.10. Exigencias de la espinaca

La espinaca crece correctamente en suelos sueltos, aireados, con buen drenaje (debido a que la raíz de la espinaca es muy susceptible a un exceso de agua que causa asfixia radical), ligeramente salinos o sin sal, con una profundidad de al menos 0.5 m y con un alto nivel de materia orgánica (Cámara de Comercio de Bogotá). Como se indicó, son muy sensibles al estrés hídrico. Por lo tanto, necesitan un riego preciso (Niu et al., 2023).

Por otro lado, es relevante el papel del Na y Cl en función de la salinidad del agua o del suelo; pues, estos pueden acumularse en los brotes de espinaca a niveles tan altos como los macronutrientes N y K, indicando la existencia de un secuestro vacuolar eficiente de iones Na^+ y Cl^- – potencialmente tóxicos en estas especies; sin embargo, en exceso, puede afectar negativamente el crecimiento y la producción de la planta; la salinidad es un aspecto que puede afectar de manera general, a la germinación de las semillas, ya sea al reducir el potencial osmótico del suelo y reducir la absorción de agua por la raíces de las plantas o por los efectos tóxicos causados por iones específicos; así mismo, el estrés salino puede cambiar la actividad de las enzimas del metabolismo del ácido nucleico, alterar el metabolismo de las proteínas, alterar el equilibrio hormonal y reducir la utilización de las reservas de semillas (Uçgun et al., 2020).

La espinaca es una de las hortalizas que más nitrógeno requiere, ya sea en forma de NO_3^- o NH_4^+ ; este elemento se necesita para satisfacer sus requerimientos bioquímicos y para obtener un buen nivel de calidad. Como esta planta se vende principalmente fresca, el nitrógeno es crucial porque mejora la resistencia de las hojas al manejo. Asimismo, si hay un contenido apropiado de nitrógeno (entre 1% y 5%), aumentan los índices de división y diferenciación celular, así como la actividad fotosintética. Esto se traduce en una biomasa reproductiva o vegetativa más elevada debido a la gran eficiencia en la captura y transformación de la radiación (Hoyos et al., 2009).

4.4. Abono orgánico

La descomposición natural de la materia orgánica por los microorganismos del medio produce el abono. Estos microorganismos transforman los materiales en compuestos beneficiosos, que enriquecen el suelo y, por consiguiente, a la vegetación que vive en él (Ramos y Terry, 2014). Según Huaman (2022) estos abonos optimizan las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del suelo, lo que ayuda a aumentar la productividad de los cultivos. La composición química de los abonos orgánicos es variable en función de su procedencia, lo que hace que haya diferencias notables entre sus componentes. De estos elementos, el fósforo (P), el nitrógeno (N) y el potasio (K) son esenciales para la nutrición de las plantas; no obstante, hay que tener en cuenta posibles efectos negativos, como la contaminación por metales pesados o patógenos, así como los desequilibrios en los nutrientes; lo que resulta fundamental para una aplicación adecuada de los abonos orgánicos y para establecer un equilibrio nutricional específico para cada cultivo y tipo de suelo (Beltrán et al., 2019). Cosme et al. (2020) sostiene que frente a los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos requieren cantidades significativas para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos; pues, su efecto suele ser más lentos; sin embargo, resalta la importancia de considerar el momento y la dosis de aplicación como un enfoque alternativo que puede influir en la eficiencia de absorción de los nutrientes por parte de las plantas.

Es importante seguir con las regulaciones al respecto de que abonos orgánicos pueden utilizarse; esto en línea con las normas internacionales y/o nacionales; en ese sentido, hay que saber que no todos los estiércoles pueden usarse para la agricultura; pues, deberán descartarse aquellos provenientes de la ganadería intensiva; por otro lado, tampoco está permitido el uso de virutas de madera o aserrín procedente de madera tratada químicamente después de la tala.

De acuerdo con Ramos y Terry (2014) los abonos orgánicos se pueden clasificar según de dónde vienen los nutrientes, cuánto han sido procesados, y si son sólidos o líquidos.

Tabla 2

Clasificación de los abonos orgánicos

Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Sólido	Líquidos
Materia orgánica	Sin procesar	- Residuos agrícolas - Residuos de la poda - Residuos de postcosecha - Estiércol fresco - guano de isla - gallinaza	
	Procesados	- Compost - Bocashi - Humos de lombriz	- Biol - Té de compost - Ácidos húmicos - Té de estiércol - Extracción de algas

Nota. Ramos y Terry (2014)

Los productos orgánicos, al contribuir a preservar la salud del medioambiente y de las personas, son más sanos y no contienen sustancias tóxicas (Chambi et al., 2020).

4.4.1. Compost

El compost es el producto que se genera mediante la acción de compostar y es resultado de la conversión biológica y controlada de los materiales orgánicos. Sus propiedades dependen del tipo de material que se suministre, así como también del método y el tiempo que dure el proceso (Campos et al., 2016). Su rasgo distintivo es que puede aplicarse en cualquier tipo de suelo, incluso en áreas áridas y semiáridas, así como en ecosistemas que han sufrido sequías e incendios; tiene un alto contenido macronutrientes como N P K; y puede ayudar a recuperar las características físicas y químicas del suelo, lo que permite usar menos productos químicos en la agricultura. Esto reduce la toxicidad y evita la erosión y el deterioro del suelo (Delgado et al., 2019).

Efectos sobre los suelos agrícolas. De acuerdo con Bohórquez (2019) el uso de abono orgánico en la superficie o el interior del perfil del suelo tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las cosechas porque afecta directa o indirectamente sus cualidades físicas, químicas y biológicas. Las siguientes menciones son al respecto:

- **Propiedades físicas.** Contribuye de manera positiva a la reducción de la compactación, la estabilidad de los agregados, el almacenamiento y retención de agua, la escurrentía y la erosión hídrica del suelo.
- **Propiedades químicas.** Específicamente de bases, mejora la capacidad de intercambio catiónico, así como la retención y el control del pH.
- **Propiedades biológicas.** Se resalta la influencia en el metabolismo de los microorganismos, el control biológico de plagas, entre ellas las bacterias y virus patógenos, así como la promoción de resistencia a nivel sistémico.

Asimismo, resalta la habilidad de disminuir el desarrollo de enfermedades, incluso en presencia de un huésped susceptible y un patógeno; esto es posible gracias a la actividad fisiológica de una combinación de microorganismos antagonistas que recolonizan el compost durante su enfriamiento (Bohórquez, 2019).

Compostaje. El compostaje es un proceso que posibilita la conversión de materia orgánica (MO) en un producto con precursores de sustancias húmicas mediante la descomposición aeróbica. En este, los microorganismos mesófilos y termófilos crean una actividad biológica que hace posible la mineralización y descomposición de la MO, generando así un producto final abundante en minerales y proteínas. Este tiene el potencial de ofrecer nutrientes y recuperar las propiedades físicas y químicas de los suelos que las labores agrícolas han modificado. Y su enunciación técnica según

Altamirano y Cabrera (2006) es: “La descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas”. Su uso implica el empleo de una tecnología de bajo costo y garantiza que los desechos orgánicos se unan a sus componentes en la cadena de producción primaria (Vargas et al., 2019). Es relevante tener en cuenta que los microorganismos responsables de las transformaciones bioquímicas durante el compostaje son aeróbicos, lo que hace a la aireación un componente esencial. Así, el proceso de producción de compost se verá influenciado por la aireación o la movilización del montículo. Cuando hay más movimiento, la mezcla se oxigena y el tiempo de acortamiento se reduce. Si no movemos el montículo, en cambio, la mezcla no se oxigena correctamente y el procedimiento para obtener compost tarda más (Garro, 2016).

De acuerdo con Campos et al. (2016) comprende cuatro fases:

- **Fase mesófila:** Es el procedimiento en el que la temperatura del material se eleva entre 20 y 35 °C. Esta fase, según Román et al. (2013) esta etapa puede durar entre 2 y 8 días y alcanzar temperaturas de hasta 45 °C gracias a la acción de los microorganismos, que se alimentan de compuestos simples de carbono y nitrógeno. Además, cuando los compuestos solubles se descomponen, generan ácidos orgánicos que disminuyen el pH a aproximadamente 4.0 o 4.5.
- **Fase termófila:** Durante este procedimiento, la temperatura del material sube de 35 a 65 °C, lo que permite descomponer las moléculas complejas y así eliminar los microorganismos dañinos. Durante este periodo, que puede extenderse desde unos pocos días hasta varios meses, los microbios que trabajan a temperaturas normales son sustituidos por aquellos que operan a temperaturas superiores. Estos últimos permiten descomponer fuentes de

carbono más complicadas y convierten el nitrógeno en amoníaco, lo cual provoca un aumento en el pH. Esto es resultado del incremento de temperatura y la presencia de bacterias y contaminantes como Salmonella o Escherichia coli; además, quistes, huevos de helminto y demás (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). Durante la primera fase de incremento de temperatura hasta los 40 °C, los seres vivos termófilos convierten el nitrógeno en amoníaco. Al llegar a 60 °C, surgen o persisten cepas de bacterias termotolerantes que se encargan de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. Conforme se van agotando estas sustancias, comienza una nueva disminución de la temperatura (Garro, 2016).

- **Fase de enfriamiento o mesófila II:** Después de que todas las fuentes de carbono se han utilizado, la temperatura vuelve a bajar a 40-45 °C. En ese momento, el proceso de degradación de polímeros continúa, la actividad mesófila se reanuda y el pH (ligeramente alcalino) desciende. Este procedimiento puede llevar varias semanas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).
- **Fase de maduración:** Este procedimiento genera reacciones secundarias de polimerización y condensación de compuestos carbonados para crear ácidos húmicos y fúlvicos, y puede extenderse por varios meses a temperatura ambiente (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). No cumplir adecuadamente con este periodo puede poner en riesgo su desarrollo y causar fitotoxicidad en las cosechas, además de malos olores (Garro, 2016).

Tabla 3*Parámetros del compostaje*

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
• Carbono/Nitrógeno	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
• Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
• Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
• Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1.6 cm
• pH	6.5 – 8.0	6.0 – 8.5	6.5 – 8.5
• Temperatura	45 – 60 °C	45 °C – Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
• Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
• Metria orgánica (Base seca)	50% - 70%	>20%	>20%
• Nitrógeno total (Base seca)	2.5 – 3%	1 - 2%	~1%

Nota. Román et al. (2013).

Tipos de compostaje. Campos et al. (2016) Indica dos clases de compostajes: Se fomentan poblaciones diversas de microorganismos y se incrementan los procesos de descomposición de los residuos sólidos mediante la incorporación de sustratos con microorganismos montañoses y el Método Takakura.

• **Por adición de sustratos con microorganismos de montaña.** Los microorganismos de montaña (MM) se añaden a los sistemas de cultivo como inoculantes para aumentar la diversidad microbiológica del suelo y las plantas. Fomentar la calidad, el rendimiento y el crecimiento de las cosechas; además, restaurar la estabilidad microbiológica y optimizar las condiciones bioquímicas, biológicas y físicas del suelo (Garro, 2016). Estos microorganismos se componen de colonias de levaduras, bacterias autóctonas y moho que contribuyen a la biotransformación de la materia orgánica, lo que facilita la descomposición y el deterioro de elementos tóxicos (Méndez, 2019). Se les conoce como consorcios microbianos por su composición y las

numerosas relaciones que pueden establecer; incluyen levaduras, actinobacterias, hongos filamentosos, bacterias fotosintéticas y bacterias productoras de ácido láctico. Su fabricación a mano es económica; no necesitan medios de crecimiento avanzados para escalar porque el objetivo es explotar la diversidad funcional y taxonómica de las comunidades de microorganismos nativos en áreas boscosas, para después introducirlos en las unidades agrícolas (Umaña, 2017).

- **Método *Takakura*.** Es método de compostaje doméstico fue desarrollado en el Instituto de Estrategias Ambientales Globales (IGES) de Japón; se diseñó para funcionar en espacios pequeños como cocinas o patios traseros y es ideal para hogares de 5 a 10 personas; y consiste en depositar los restos de comida en “contenedores Takakura” con unas dimensiones de 40 cm × 25 cm × 70 cm.; donde los residuos orgánicos se transforman en compost mediante microorganismos fermentativos (Jiménez et al., 2018), a través de un proceso aeróbico simple y rentable que utiliza materiales disponibles localmente, como alimentos en fermentación (Hibono et al., 2023). Este proceso aeróbico se sustenta en la utilización de microorganismos aeróbicos, y se fortalece por el constante movimiento del compost, minimizando la acción de anaerobios; su mecanismo se genera gracias a los microorganismos que utiliza: alojados en alimentos fermentados y en el manto de los bosques; donde el primero, descompone carbohidratos, proteínas y grasas; En contraste, los segundos se enfocan en descomponer principalmente las ligninas y las fibras, que son las partes más duras de los alimentos (Honobe, 2013). Se presenta como una opción para disminuir la cantidad de residuos orgánicos generados tanto en los hogares urbanos como en el trabajo agrícola (Bayas y García, 2022). Esto es porque no necesita una gran extensión de terreno, y la velocidad a la que se descompone el compost puede ser

acelerada al añadir agentes bioactivadores como Stardec, arroz molido, EM4, rumen de vaca o orgadec (Dewilda et al., 2021).

Este método posee características claves como una metodología sencilla, bajo consumo energético, uso en interiores, portabilidad, rápida descomposición de residuos, ausencia de olores y producción de bajo costo (Kurniawan, 2014).

Etapas del método Takakura

Este método comprende un conjunto de pasos detallados por el Japan International Cooperation Agency (JICA) y que Beingolea (2021) sintetiza y organiza en 6 etapas:

- **Etapas 1:** dura entre tres y cinco días, comienza con la preparación de dos soluciones para la fermentación. La primera se realiza en un entorno dulce, utilizando alimentos fermentados; la segunda, en un ambiente salado, con hojas de hortalizas y cáscaras de frutas y verduras. Para permitir que los vapores del proceso fermenten se cubren las soluciones con un material semiabierto (tul o gasa) (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021)
- **Etapas 2:** Se prepara la cama de fermentación con una base de salvado de maíz, arroz o trigo y cáscara de arroz. Luego, se añaden los líquidos de fermentación y se mezclan. Finalmente, se incorpora moho que proviene de hojas caídas y se revuelve todo uniformemente. El porcentaje de agua en el compost debe estar entre el 40 y el 60%; este será cubierto con un revestimiento transpirable y estará listo cuando las bacterias blancas hayan crecido en la superficie entre cinco y siete días (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021).
- **Etapas 3:** El lecho de fermentación ocupa el 60% del espacio de un contenedor transpirable, el que se cubre con una cubierta respirable (de tela o fibra). Luego, se incorporan residuos orgánicos triturados en pedazos diminutos (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021).

- **Etapla 4:** En las condiciones ideales, el contenedor se llena en cerca de tres meses con la descomposición de los residuos orgánicos. Una vez lleno, se extrae una parte del compost y la restante sirve como lecho de fermentación. Esto permite reducir el tiempo de preparación inicial en repeticiones del proceso, haciéndolo más efectivo (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021).
- **Etapla 5:** Se obtiene el compostaje semimaduro, que es cuando los componentes orgánicos todavía no se degradan completamente. Por eso, los microorganismos de fermentación continúan activos después de la aplicación del compostaje. En esta fase, es necesario estabilizar la mezcla durante 2 o 3 semanas antes de aplicarla para eliminar los microorganismos fermentativos (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021).
- **Etapla 6:** Última fase en la que se obtiene el abono energético y libre de patógenos, con aporte de nutrientes, mayor retención de agua y aireación del suelo, y que tiene la capacidad de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del terreno (JICA, s. f.; Beingolea Medina, 2021).

4.5. Abono a base de estiércol de ave

Los abonos a base de estiércol de aves también han sido ampliamente examinados y empleados para mejorar la conducta y productividad de los productos agrícolas. Esto no es sorprendente, ya que añadir enmiendas orgánicas como el estiércol avícola mejora las características del suelo al aumentar su contenido de materia orgánica, lo cual estimula la estabilidad y estructura de los agregados, mejorando así la aireación, la capacidad de retención hídrica, la amortiguación de la reacción del suelo y la capacidad catiónica. y acciones microbianas (Adeyemo et al., 2019).

4.5.1. Guano de isla

El guano de isla es un abono orgánico que se genera en islas costeras peruanas por las aves guaneras. Este contiene flora microbiana y materia orgánica, elementos que

incrementan la actividad microbiológica del terreno (Vásquez y Jacobo, 2020). De acuerdo con Sifuentes et al. (2020) este guano proviene de las excretas de tres especies de aves marinas que son endémicas de la Corriente de Humboldt: el pelícano peruano, el piquero peruano y el cormorán guanay. En la actualidad es un recurso renovable que se cosecha para cumplir con la demanda nacional en agricultura orgánica. La empresa gubernamental Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL) lo cosecha, procesa y comercializa. Jaulis et al. (2020) indican que el guano de isla proviene del alimento de estas aves, compuesto por especies hidrobiológicas como la sardina, la anchoveta y el pejerrey; su elevado contenido de fósforo y nitrógeno es lo que le confiere gran valor como abono orgánico. El guano de isla es un abono natural, biodegradable y ecológico que se disuelve en agua y presenta propiedades sinérgicas. Contiene macronutrientes como el fósforo, nitrógeno y potasio en proporciones del 10 al 12 ppm, del 10 al 14% y del 2 a 3 ppm, respectivamente; elementos secundarios como el azufre, magnesio y calcio en cantidades promedio del 1.5%, del 0.5% y del 8%; así como microelementos como el molibdeno, boro, manganeso, cobre, zinc e hierro en cantidades de entre 20 a 30 ppm. Además, tiene la capacidad de aportar microorganismos que enriquecen la microflora del suelo e incrementan su actividad (Rios et al., 2015).

Elabora el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú a escala nacional con la totalidad (100%) del estiércol que proviene de aves marinas guaneras (Bolo et al., 2020).

4.5.2. Gallinaza

Se trata del producto que se obtiene de los excrementos de las aves y de la materia que sirve como lecho en los galpones avícolas; es decir, materiales que se colocan en el suelo, como paja, viruta o granza de arroz; plumas, restos de alimentos y excretas, todos ellos descompuestos. Por lo tanto, necesita ser procesado para reducir sus efectos negativos (Arce et al., 2020). Asimismo, Casas y Guerra (2020) afirman que la gallinaza se compone

de los desechos de las gallinas ponedoras, que se acumulan durante el tiempo en que estas aves producen huevos o durante sus ciclos de crecimiento, además de plumas y residuos alimentarios. Se podría considerar o no la combinación con los elementos de la cama, cuya composición se fundamenta principalmente en el régimen alimenticio y en el sistema de alojamiento de las aves. La ventaja para aumentar la producción agrícola radica principalmente en el suministro de nutrientes como N, P y K, así como en el aumento de materia orgánica del suelo. Este presenta la mayor concentración de nitrógeno, potasio y fósforo en contraste con otros estiércoles animales.

Babu et al. (2021) señalan que la disponibilidad del fósforo a partir del estiércol de pollo está vinculada a la descomposición gradual del estiércol, a un ritmo más lento que el nitrógeno, y a cómo interactúa con las propiedades del suelo como su acidez, estructura y contenido de materia orgánica. Aunque también se ha informado de una lenta liberación de nitrógeno del estiércol de ave; lo que resulta en una acumulación de nitrato significativamente menor en las plantas (Thepsilvisut et al., 2022).

De acuerdo con la literatura, el estiércol de aves contiene aproximadamente un 2% de nitrógeno (N) y pentóxido de fósforo (P_2O_5), y un 1.5% de óxido de potasio (K_2O). Si se maneja adecuadamente, un millón de toneladas de estiércol al año aportarán al suelo alrededor de 55 millones de kilogramos de la sustancia activa de los nutrientes principales (NPK) (Kamenev et al., 2022). Además, el estiércol de pollo contiene macromoléculas como celulosa, lignina, grasas, proteínas y azúcares en cantidades abundantes; y se considera un efecto directo en el crecimiento de las plantas con una dosis determinada, pudiendo aplicarse incluso de manera directa en forma de sólidos (Rahmad et al., 2018).

Importancia de los abonos orgánicos en el abonamiento de la espinaca

El uso de compost, guano de isla y gallinaza en el cultivo de espinaca permite aprovechar fuentes locales de nutrientes y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

Estos abonos no solo aportan nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, sino que también incrementan la materia orgánica del suelo, mejoran su estructura y favorecen la capacidad de retención de agua. De esta manera, la fertilización orgánica contribuye a la sostenibilidad del sistema productivo y ofrece una base científica para la justificación del presente trabajo de investigación.

V. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Enfoque de investigación

Este estudio utilizó una metodología cuantitativa para examinar y evaluar de manera numérica cómo distintos tipos de abonos orgánicos (gallinaza, guano de isla y compost) y diferentes niveles de repetición 1,2,3,4 t/ha influyen en la productividad agronómica y el comportamiento de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.). El objetivo principal fue evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera en el barrio de Chumbibamba, si hay diferencias

estadísticamente significativas entre los tratamientos y niveles de abonamiento que se han puesto en práctica.

5.2. Tipo de investigación

El estudio actual se considera explicativo, ya que su objetivo es encontrar, examinar y evidenciar la correlación de causa entre el uso de diferentes abonos orgánicos y el comportamiento agronómico de la espinaca. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) los estudios explicativos se enfocan en identificar las razones de los fenómenos y en determinar cómo se producen las conexiones entre las variables. En este caso, los tipos de abonos orgánicos (guano de isla, compost y gallinaza) son la variable independiente. Por otro lado, las variables dependientes se relacionan con los indicadores de crecimiento y rendimiento de la espinaca, como el peso seco y fresco, el número de hojas, la altura o el grosor del tallo.

El diseño es experimental porque el investigador manipuló deliberadamente la variable independiente, que son las distintas clases de abonos orgánicos en cantidades específicas, para observar cómo impactan a las variables dependientes. De acuerdo con Arias (2014) el diseño experimental posibilita determinar con más seguridad las relaciones de causa-efecto, ya que supone observar, manipular y controlar de manera sistemática los factores en estudio.

5.3. Ámbito de estudio

5.3.1. Ubicación Política

País: Perú

Región: Apurímac

Provincia: Andahuaylas

Distrito: Talavera

Barrio: Chumbibamba

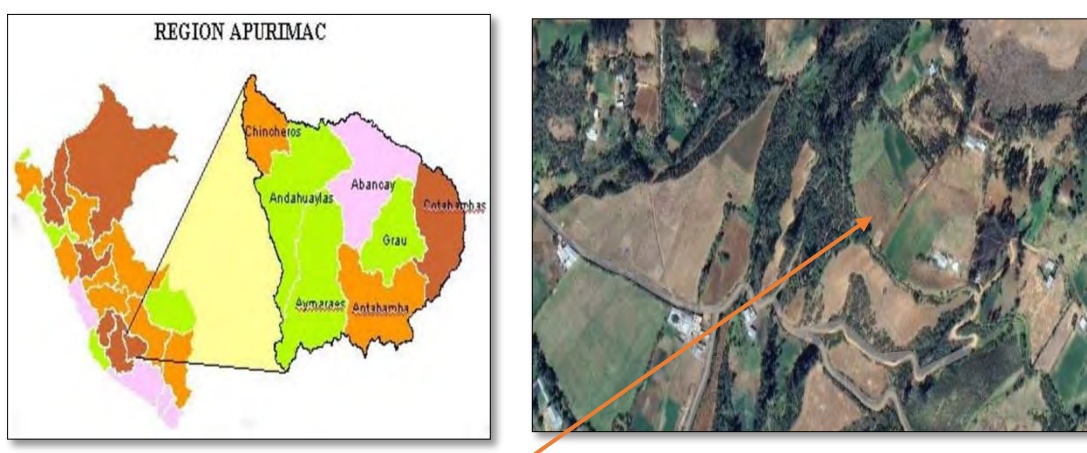
5.3.2. Ubicación Geográfica

El barrio de Chumbibamba se ubica en el distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas región Apurímac en la parte centro-oeste de la provincia de Andahuaylas, al sur del Perú.

Geográficamente, se encuentra entre las siguientes coordenadas aproximadas:

Figura 2

Mapa de ubicación geográfica



Nota: <https://paintmaps.com/es/mapas-en-blanco/904c/muestras>

Barrio de Chumbibamba-Talavera.

Latitud: -13.646894

Longitud: -73.462761

Elevación: 2805 m.s.n.m.

Fuente: propia

5.3.3. Historial del campo experimental

La parcela o terreno que sirvió para realizar el trabajo de investigación tuvo el siguiente historial, en las campañas 2020, 2021, 2022, 2023, 2024 se instaló alfalfa (*Medicago sativa*) y en la campaña 2025 se instaló la parcela experimental en un área de 169 m².

5.3.4. Ubicación temporal

La ejecución del proyecto se dio inicio el 02 de febrero del 2025 con la duración de la ejecución de dos meses y dando la finalización de recopilación de datos 03 de abril del 2025

5.4. Materiales

5.4.1. Materiales biológicos

El material biológico utilizado fue la semilla de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), variedad comercial Tora. Este cultivar se caracteriza por presentar hojas anchas de color verde intenso, disposición semi erecta en roseta, ciclo vegetativo corto (aproximadamente 45-60 días a cosecha) y buena adaptación a condiciones de clima templado-frío propias de zonas altoandinas (2 900-3 200 m s. n. m.) (ENZA ZADEN, 2025). La variedad Tora destaca por su uniformidad en tamaño de planta, buen rendimiento de biomasa foliar y adecuada respuesta al manejo con abonos orgánicos, por lo que resulta apropiada para la producción de espinaca fresca en el distrito de Talavera. Las semillas utilizadas fueron certificadas, con un porcentaje de germinación mayor al 85 % y libres de impurezas visibles (Saavedra, 2019).

5.4.2. Materiales para el abonamiento

Se emplearon tres tipos de abonos orgánicos:

- **Guano de las islas**, proveniente de las islas peruanas y distribuidas por Agro Rural-Andahuaylas.

Composición química del guano de isla

Nitrógeno total (N): 10 – 14 %

Fósforo disponible (P_2O_5): 10 – 12 ppm

Potasio soluble (K_2O): 2 – 3 ppm

Materia orgánica: 20 – 30 %

Nota. La fuente de informacion se encuentra en la ficha tecnica del guano de isla documentación está en anexos.

- **Compost**, proveniente y elaborado a base de residuos vegetales, materia orgánica estabilizada, producido localmente de la municipalidad de Talavera.

Composición química del compost:

Nitrógeno total (N): 0.69%

Fósforo disponible (P_2O_5): 30.7 ppm

Potasio soluble (K_2O): 2.104 ppm

Materia orgánica: 13.72 %

Nota. La fuente de información fue el laboratorio de análisis físicos y químicos de suelos, aguas y plantas la documentación está en anexos.

- **Gallinaza**, proveniente de galpones avícolas y distribuida por las tiendas de agroquímicos, descompuesta y pretratada con cal antes de su aplicación al campo.

Composición química de la gallinaza:

Nitrógeno total (N): 0.77 %

Fósforo disponible (P_2O_5): 118.4 ppm

Potasio soluble (K_2O): 6.747ppm

Materia orgánica: 15.47%

Nota. La fuente de información fue el laboratorio de análisis físicos y químicos de suelos, aguas y plantas la documentación está en anexos.

5.4.3. Materiales de campo

Para la ejecución del experimento en campo se utilizaron los siguientes materiales:

- Herramientas agrícolas: pico, pala, lampa, rastrillo, azadón y carretilla.
- Sistema de riego por aspersores
- Cintas métricas, estacas y soguillas para el trazado de las parcelas.
- Cuadernos de campo para registro de datos agronómicos.
- Termómetro y pluviómetro para registro ambiental básico.

5.4.4. Materiales de gabinete

Durante la etapa de procesamiento y análisis de datos se emplearon:

- Computadora portátil con software Excel y SPSS para análisis estadístico.
- Calculadora científica.
- Formularios de evaluación de variables agronómicas (grosor de planta, altura de planta, número de hojas, peso fresco y rendimiento).
- Cámara fotográfica digital para registro visual del ensayo.

5.5. Métodos.

Diseño experimental y factores del estudio

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar (**DBCA**), considerando como factor principal el tipo de abono orgánico aplicada al cultivo de espinaca.

Se evaluaron cuatro tratamientos, los cuales se describen a continuación:

- **T 1:** Aplicación de guano de isla como abono orgánico.
- **T 2:** Aplicación de gallinaza como abono orgánico.
- **T 3:** Aplicación de compost como abono orgánico.
- **T4:** Testigo sin aplicación de abono orgánico.

Los tratamientos se distribuyeron en un área de 169 m² subdivididos en 16 áreas de 4 m² cada uno en cuatro bloques de igual tamaño, cada bloque considerado como una repetición, obteniéndose un total de 16 unidades experimentales (4 tratamientos × 4 bloques). Cada unidad experimental estuvo conformada por un área de 2 m × 2 m, sembrado en surcos de 2 metros de largo y 8 surcos por tratamiento con distanciamiento de 25 cm entre surco y una profundidad de 10 cm, manejado bajo las mismas condiciones de riego y labores culturales y asimismo se dio el abonamiento en 2 momentos, en el día 1 con las primeras dosis y la segunda a los 21 días post siembra, se detalla las dosificaciones y repeticiones de cada abono utilizado en la siguiente descripción.

Primera dosificación para 1000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_1 \rightarrow 1000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.1 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 100 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 400 \text{ g}$$

Primera aplicación al día 1 :200 g

Segunda aplicación al día 21:200 g

Nota: Estas dosis son las mismas para los 4 tratamientos y las repeticiones.

Segunda dosificación para 2000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_2 \rightarrow 2000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 200 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 800 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1: 400 g

Segunda aplicación día 21 :400 g

Tercera dosificación para 3000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_3 \rightarrow 3000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.3 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1200 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :600 g

Segunda aplicación día 21 :600 g

Cuarta dosificación para 4000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_4 \rightarrow 4000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.4 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 400 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1600 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :800 g

Segunda aplicación día 21 :800 g

5.6 Diseño de investigación

Para el presente trabajo de investigación, se empleó una metodología cuantitativa, de alcance explicativo, con diseño experimental y enfoque prospectivo. Este enfoque permitió

obtener datos numéricos y aplicar procedimientos estadísticos orientados a generar resultados confiables y válidos, útiles para sustentar conclusiones y la toma de decisiones.

El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). En este, se manipuló deliberadamente la variable independiente (tipo de abono orgánico aplicado en el cultivo de espinaca) y se evaluó su efecto sobre las variables dependientes, relacionadas con el comportamiento y el rendimiento agronómico, con el propósito de establecer una relación de causalidad. Para el análisis se utilizó el modelo aditivo lineal, expresado a continuación:

$$Y_{ij} = U + T_i B_j + E_{ij}$$

Donde:

U= Efecto de la media general

B_j= Efecto de la j – ésima repetición

T_i= Efecto del i – ésimo tratamiento

E_{ij}= Efecto del error de la observación experimental

5.7. Variables

Variables independientes:

- a) Abonos orgánicos
 - Guano de islas
 - Compost
 - Gallinaza

Variables dependientes:

- b) Comportamiento/ agronómico
- c) Rendimiento

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Categorías	Escala de medición
Abonos orgánicos	Guano de islas	Dosificación	T1 = 1000 kg/ha T2 = 2000 kg/ha T3 = 3000 kg/ha T4 = 4000 kg/ha	Numérico
		Composición química	Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (K) Calcio(ca) Micronutrientes	
	Compost	Dosificación	T1 = 1000 kg/ha T2 = 2000 kg/ha T3 = 3000 kg/ha T4 = 4000 kg/ha	
		Composición química	Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (K) Calcio(ca) Micronutrientes	Numérico
	Gallinaza	Dosificación	T1 = 1000 kg/ha T2 = 2000 kg/ha T3 = 3000 kg/ha T4 = 4000 kg/ha	
		Composición química	Nitrógeno (N) Fosforo (P) Potasio (K) Calcio(ca) Micronutrientes	
Comportamiento agronómico	Rasgos fenotípicos de la planta	-Número de hojas -Altura de planta desde la raíz -Peso de planta fresca (g) -Cantidad de agua en la planta -Peso de materia seca -Altura de planta desde el suelo -Grosor del tallo (cm) -Altura de tallo -Ancho de hoja -Altura de hoja -Profundidad de raíz -Grosor de raíz	cm g Unid	Numérico
Rendimiento Agronómicos	Producto o utilidad que rinde la planta	Rendimiento por m ² Rendimiento por hectárea	Kg t	Numérico

Nota. Elaboración propia

5.8. Población, muestra y muestreo

Población

Si nos basamos en el tamaño poblacional y los métodos de estudio sugeridos, la población a la que se dirige el objetivo será de 2560 plantas espinacas repartidas por toda el área experimental ubicada en el barrio de Chumbibamba distrito de Talavera provincia de Andahuaylas región Apurímac.

Muestra

Las muestras de espinacas para la evaluación incluyeron diez plantas situadas en la sección media de la hilera central (cada unidad experimental estaba compuesta por 40 plantas distribuidas en 8 hileras, lo que suma un total de 160 plantas), excluyendo las que se encontraban en los bordes laterales y los bordes superiores e inferiores, resultando en un muestreo total de 160 plantas con las repeticiones.

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en cuatro bloques de igual tamaño, cada bloque considerado como una repetición, obteniéndose un total de 16 unidades experimentales (4 tratamientos $\times$ 4 bloques). Cada unidad experimental estuvo conformada por un cantero de 2 m $\times$ 2 m, sembrado con espinaca (*Spinacia oleracea L.*), manejado bajo las mismas condiciones de riego y labores culturales. Las dosis de los abonos orgánicos se establecieron con base en recomendaciones técnicas para cultivos hortícolas de hoja y se mantuvieron constantes dentro de cada tratamiento durante todo el periodo experimental.

Muestreo

Criterios de selección

Criterios de inclusión

Se tomaron en cuenta todas las plantas competitivas que están en la fila del medio de cada unidad experimental, excepto las que están en los bordes superior e inferior.

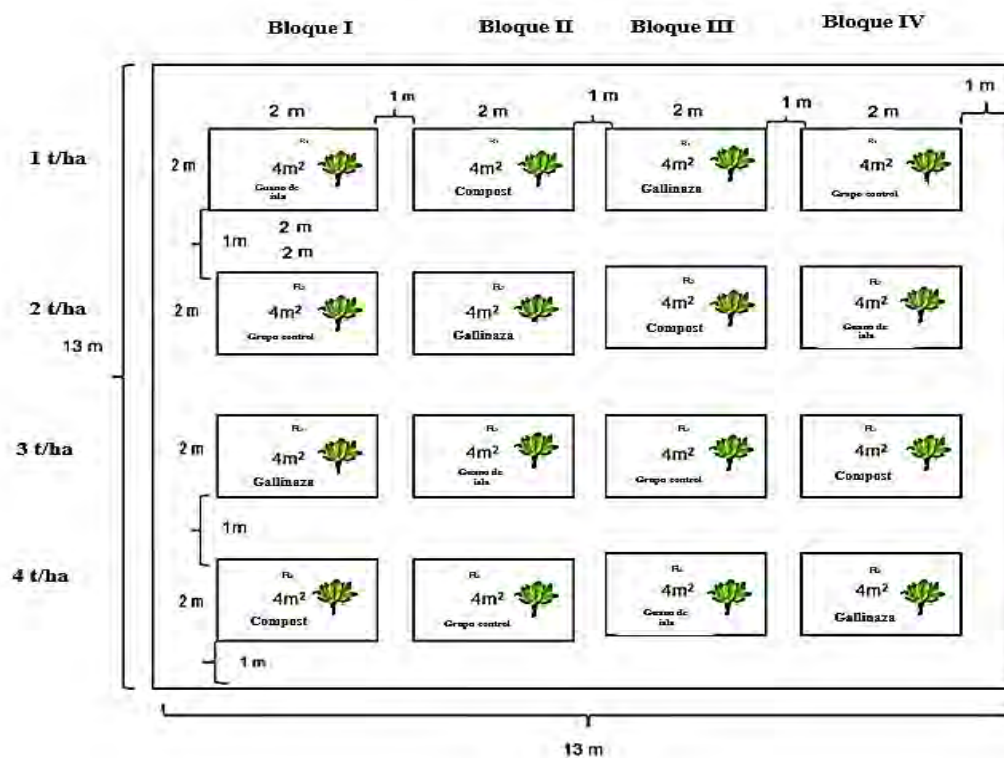
Criterios Exclusión

Se descartaron las plantas de los bordes superiores e inferiores y laterales.

La distribución se realizó tal como señala el siguiente esquema:

Figura 3

Esquema de distribución del sembrío



5.9. Técnica e instrumentos

Técnica

La técnica que se usó fue la observación, y como instrumento para medir durante la etapa experimental se empleó una ficha de recolección de datos. Se llevó a cabo una ficha de observación para analizar cómo las distintas dosis de gallinaza, guano de islas y compost afectan la conducta de rendimiento y comportamiento de las espinaças.

Instrumento

Los instrumentos utilizados en la recolección de datos en el proceso de investigación de la tesis fueron cuadernos de campo, flexómetro, datos estadísticos, programas para la interpretación de los datos obtenidos (SPSS 27).

El diseño experimental del bloque completo aleatorizado que se empleó incluyó cuatro repeticiones (R_1, R_2, R_3, R_4), el bloqueo y la aleatorización de los tratamientos. Estos son los principios esenciales. Al implementarlos y satisfacer las hipótesis de normalidad y varianzas homogéneas, se asegura que sean cumplidos. Se constata en esta investigación que las variantes de respuesta analizadas cumplen con estos supuestos, por lo cual se considera que los análisis estadísticos son válidos.

Trabajo preliminar

El trabajo preliminar se realizó en el barrio de Chumbibamba del distrito de Talavera de la provincia de Andahuaylas región Apurímac en el año 2025.

Pesado y distribución de abonos orgánicos

Se realizó el pesado y distribución de los abonos de la siguiente manera:

-Guanos de islas, gallinaza y compost.

$$R_1 \rightarrow 1000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.1 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 100 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 400 \text{ g}$$

Primera aplicación al día 1 :200 g

Segunda aplicación al día 21:200 g

Nota: Estas dosis son las mismas para los 4 tratamientos y las Repeticiones.

segunda dosificación para 2000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_2 \rightarrow 2000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 200 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 800 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1: 400 g

Segunda aplicación día 21 :400 g

Tercera dosificación para 3000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_3 \rightarrow 3000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.3 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1200 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :600 g

Segunda aplicación día 21 :600 g

Cuarta dosificación para 4000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_4 \rightarrow 4000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.4 \text{ kg} \times 1000 \text{ g} = 400 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1600 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :800 g

Segunda aplicación día 21 :800 g

Análisis de laboratorio del suelo

El análisis de suelo de Chumbibamba (Talavera, Andahuaylas) muestra un terreno agrícolamente favorable. Presenta baja salinidad (C.E. 0.63 mmhos/cm) y un pH casi neutro de 7.40, sin presencia de carbonatos de calcio (CaCO_3 0.00 %), por lo que no es calcáreo. La materia orgánica es de 4.07 %, considerada moderada–buena, y el nitrógeno total alcanza 0.20 %, nivel medio. Los nutrientes disponibles son altos: fósforo 55.3 ppm y potasio 375 ppm, lo que indica buena fertilidad. En cuanto a su parte física, la textura se compone de 37 % de arena, 44 % de limo y 19 % de arcilla, clasificándose como suelo franco, con buena retención de agua, drenaje adecuado y facilidad para las labores agrícolas.

Análisis de laboratorio de la gallinaza

Se realizó el análisis de laboratorio de la gallinaza en el laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas en el distrito de San Jerónimo-Cusco, llegando a los siguientes resultados con un pH de 9.56, nitrógeno 0.77 %, fósforo 118.4ppm, potasio 6.747ppm con materia orgánica de 15.47 % lo cual se anexa el análisis de laboratorio.

Análisis de laboratorio del compost

Se realizó el análisis de laboratorio del compost en el laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas en el distrito de San Jerónimo-Cusco llegando a los siguientes resultados con un pH de 9.74, nitrógeno 0.69%, fósforo 30.7ppm, potasio 2.104ppm con materia orgánica de 9.74 % lo cual se anexa el análisis de laboratorio.

Trabajo de Campo

Preparación de terreno

En esta labor se ejecutó meses anteriores antes de la siembra y comprendió las siguientes actividades:

- **Limpieza:** Consistió en la eliminación manual de todo tipo de malezas presentes en el terreno donde se llevó a cabo el experimento.
- **Roturado:** Se llevó a cabo el roturado del terreno utilizando un arado de discos que es impulsado por un tractor agrícola un mes antes de la siembra para controlar plagas y agentes causales de enfermedades radiculares de la espinaca.
- **Pase de rastra:** Se llevó a cabo con la rastra de disco, que es impulsada por el tractor agrícola. Su objetivo fue deshacer los terrones del terreno.
- **Nivelación del terreno:** Se llevó a cabo manualmente usando picos y rastrillos, con el objetivo de que el terreno quede nivelado y la humedad, que se aplicó con riego por goteo, se distribuya adecuadamente.
- **Delimitación del terreno:** Los bloques, surcos y unidades experimentales (parcelas) se delinearon con la ayuda de wincha, yeso, estacas y cordeles. Se delimitaron 16 parcelas por bloque y 4 bloques en total, según el diseño experimental.
- **Surcado:** La parcelación del terreno de 4 m² (2 m * 2 m) se realizó a mano usando picos, dejando una separación entre los surcos de 25 cm y una profundidad de 10 cm.
- **Abonamiento con guano de islas, compost y gallinaza:**
 - Se utilizó el guano de isla adquirido por agro Rural-Andahuaylas teniendo un estudio químico de 10 – 14% de nitrógeno, 10-12 ppm de fósforo, 2-3 ppm de potasio, compost proveído por la Municipalidad Distrital de Talavera teniendo los siguientes valores químicos: 0.69% de nitrógeno, 30.7ppm de fósforo, 2.104ppm de potasio, 13.72% de materia orgánica, gallinaza se obtuvo de las tiendas comerciales a nivel

de Andahuaylas con una composición de 0.77% de nitrógeno, 118.4 ppm de fósforo, 6.747 ppm de potasio, 15.47% de materia orgánica. Los abonos se aplicaron en cantidades de 1, 2, 3 y 4 t/ha. Siguiendo la aleatorización de los tratamientos, los abonos se aplicaron uniformemente en el fondo de los surcos en 2 tiempos, luego se procedió con un tapado del doble del tamaño de la semilla con la tierra, realizándose un riego con un sistema de aspersión a los 3 días después de la siembra.

- **Siembra:** Se realizó en surcos y a chorro continuo (hileras o filas paralelas con surcos de 10 cm de profundidad por 25 cm de surco a surco). Por último, las semillas fueron cubiertas con el doble del tamaño de tierra de la semilla.
- **Riego por aspersión:** Se usó riego por aspersión después de la siembra; durante toda su etapa de crecimiento, el riego se realizó cada 3 días en un tiempo de 1 hora.

Labores culturales complementarias

1. Riego por aspersión

El riego se mantuvo en una frecuencia de 3 días en un tiempo de 1 hora con el sistema de aspersión hasta la cosecha de la espinaca.

2. Aplicación de los tratamientos orgánicos

Las soluciones se aplicaron en 2 momentos: cuando se realizó la siembra y a los 21 días que se realizó el aporque. Para esto, se realizó en el principio el pesado de los abonos en las diferentes dosis de aplicación.

primera dosificación para 1000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_1 \rightarrow 1000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.1 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 100 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 400 \text{ g}$$

Primera aplicación al día 1 :200 g

Segunda aplicación al día 21:200 g

Nota: Estas dosis son las mismas para los 4 tratamientos y las Repeticiones.

segunda dosificación para 2000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_2 \rightarrow 2000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 200 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 800 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1: 400 g

Segunda aplicación día 21 :400 g

Tercera dosificación para 3000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_3 \rightarrow 3000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.3 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 300 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1200 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :600 g

Segunda aplicación día 21 :600 g

cuarta dosificación para 4000 kg de abono por hectárea (guano de isla, gallinaza, compost):

$$R_4 \rightarrow 4000 \text{ kg} \div 10000 \text{ m}^2 = 0.4 \text{ kg} \times 1000 \text{ kg} = 400 \text{ g} \times 4 \text{ m}^2 = 1600 \text{ g}$$

Primera aplicación día 1 :800 g

Segunda aplicación día 21 :800 g

Deshierbe

El deshierbe se realizó utilizando la herramienta del pico para sacar las malezas de la tierra a los 21 días siguientes a la siembra.

3. Control fitosanitario

Se utilizó un fungicida tiofanato metílico sistémico para controlar la pudrición radicular en las plantas por la presencia de pudrición en las raíces.

4. Cosecha (día 56)

Se determinó la fase de madurez comercial de la espinaca cuando las plantas alcanzaron el máximo desarrollo de la roseta foliar y a simple vista, se pueda observar una leve coloración amarillenta en el ápice del limbo de la primera hoja basal. La cosecha

manual empezó 56 días después de la siembra, cortando a un centímetro por debajo del cuello de la planta con un cuchillo. Para las evaluaciones, se separaron diez plantas competitivas para cada uno de los tratamientos. Durante este lapso, se pesaron todas las plantas cosechadas por parcela y se determinó la productividad de espinaca por hectárea.

Descripción de los indicadores dependientes

- La observación visual de los indicadores de acuerdo con el protocolo permitió la recopilación aleatoria de datos de campo.
- Asimismo, se llevó a cabo la medición de las variables dependientes conforme al protocolo.

Se registraron en las variables dependientes y sus indicadores:

Variable dependiente 1

Comportamiento agronómico

Indicadores

- Número de hojas
- Altura de planta desde la raíz
- Peso de planta fresca (g)
- Cantidad de agua en la planta
- Peso de materia seca
- Altura de planta desde el suelo
- Grosor del tallo (cm)
- Altura de tallo
- Ancho de hoja
- Altura de hoja
- Profundidad de raíz
- Grosor de raíz

Variable dependiente 2

Rendimiento

Indicadores

- Rendimiento por m²
- Rendimiento por hectárea

Caracteres de comportamiento y rendimiento

a. Días a madurez comercial

En campo, la madurez comercial de las plantas de espinaca se documentó en todos los tratamientos 56 días después de la siembra, cuando el 100 % de las plantas han alcanzado este estado (es decir, tienen hojas adecuadamente desarrolladas y no han empezado a amarillear el ápice de la primera hoja basal). Se llevó a cabo una evaluación previa a la cosecha.

Caracteres de productividad del cultivo

a. Número de plantas de espinaca por hectárea

Se llevó a cabo el conteo de 10 plantas con hojas bien desarrolladas, se procedió a considerar 40 plantas por metro cuadrado y después se multiplico por hectárea llegando a una cantidad de 400000 plantas en una hectarea. En todas las unidades experimentales, esta evaluación se llevó a cabo el día de la cosecha.

b. Longitud de planta (cm)

Se usó un flexómetro para medir la longitud de 10 plantas cosechadas por cada tratamiento, repetición y el grupo control, desde la raíz de la planta hasta el ápice de la hoja más extensa.

c. Número de hojas por planta(unidad)

Se recopilaron estos datos al contar todas las hojas de la roseta, desde la más pequeña a la más grande y desde el interior hacia afuera. Durante la cosecha, se registraron las hojas de 10 plantas por diseño y repetición cada uno considerando también de igual manera al grupo control.

d. Longitud de limbo de hoja (cm)

Se tomó la medida desde el ápice de la hoja hasta la base del limbo, usando un flexómetro en la hoja más grande de 10 plantas por tratamiento.

e. Ancho de limbo de hoja (cm)

Para cada tratamiento y repetición, se usó un flexómetro para medir el ancho de la hoja más ancha de 10 plantas.

f. Contenido de materia seca (%)

La determinación de materia seca se efectuó mediante el secado de diez plantas seleccionadas como muestra por tratamiento y repetición. Para este procedimiento, se registró el peso inicial de las plantas frescas y posteriormente, el peso final tras el proceso de secado, obteniéndose así la cantidad de materia seca correspondiente.

g. Rendimiento de biomasa (kg/ha)

Cuando las plantas de espinaca llegaron a su madurez comercial, se pesan todas las recolectadas en las unidades experimentales y se multiplica por una hectárea; el resultado se dio en kg/ha.

5.10. Procedimiento estadístico

Se llevó a cabo la investigación como un diseño de bloque completo aleatorio, con 4 bloques y un total de 160 unidades experimentales.

Tanto los indicadores como las variables dependientes que son significativas fueron analizados a través del análisis de varianza y el examen de contraste Tukey (0.05) en cuanto a los datos organizados. El análisis de regresión de los indicadores que son

tanto dependientes como relevantes que también se realizó para la investigación donde se utilizó el software estadístico SPSS 27.

5.11.Consideraciones éticas

Se consideró tanto la ética como las normas que indican lo que es un buen investigador. Se emplearon herramientas de medición apropiadas para obtener datos fiables; además, se gestionó el cultivo de manera adecuada, asegurando las condiciones necesarias para su instalación y crecimiento. Asimismo, se administraron adecuadamente los desechos sólidos derivados del progreso de la investigación.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Comportamiento Agronómico – ALTURA - de la Espinaca

Tabla 4

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 7 días

ALTURA DE ESPINACAS 7 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.000	10.100	
Dosis	3	0.000	5.300	
Abono * dosis	6	0.000	7.141	
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable altura de la planta de espinaca a los 7 días muestra que no se encontraron diferencias significativas entre los factores evaluados. Los valores de media cuadrática, F y significancia (Sig.) son iguales a 0.000, lo cual sugiere una ausencia total de variabilidad tanto entre los tratamientos (tipo de abono y dosis) como dentro de los grupos. Esta falta de variación puede deberse a que en los primeros días de crecimiento la planta aún no presenta diferencias morfológicas detectables, o a una homogeneidad en los valores registrados en las unidades experimentales.

Tabla 5

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 14 días.

ALTURA ESPINACAS 14 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	16.327	68.611	0.000
Dosis	3	4.840	20.338	0.000
Abono * dosis	6	1.699	7.141	0.000
Error	117	0.238		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El estudio de varianza llevado a cabo para examinar cómo influyen el tipo de abono, la cantidad aplicada y su combinación en la altura de las plantas de espinaca a los 14 días reveló diferencias muy importantes en todos los aspectos estudiados ($p < 0.001$). Para empezar, es importante destacar que el tipo de abono tuvo un impacto muy significativo en

la altura de las plantas ($F = 68.611$; $p = 0.000$). Esto sugiere que el crecimiento de las plantas es notablemente diferente según el tipo de abono que se emplee (testigo, compost, gallinaza o guano de isla). Asimismo, el factor dosis también mostró un efecto significativo sobre la altura de las plantas ($F = 20.338$; $p = 0.000$), lo que sugiere que los diferentes niveles de aplicación (1000, 2000, 3000 y 4000 kg/ha) influyen de manera importante en el desarrollo inicial del cultivo. Finalmente, se identificó una interacción significativa entre el tipo de abono y la dosis aplicada ($F = 7.141$; $p = 0.000$), lo cual implica que el efecto de las dosis no es constante entre los diferentes tipos de abono, es decir, el impacto de una dosis específica depende del tipo de abono con el que se combina. Este resultado justifica la realización de comparaciones múltiples post hoc para identificar qué combinaciones específicas de tipo de abono y dosis generan mayores efectos sobre la altura de la espinaca, así como la representación gráfica de las interacciones para su mejor comprensión agronómica.

Tabla 6

Prueba de Tukey para altura de planta a los 14 días.

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3 (3000 kg/ha)	4 (4000 kg/ha)
Testigo	40	3.750			
Compost	40		4.165		
Gallinaza	40			4.598	
Guano de Isla	40				5.423
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al utilizar la prueba de Tukey para contrastar las medias de la altura de las plantas de espinaca a los 14 días, tomando en cuenta tanto el tipo de Abono como la cantidad utilizada, se logró detectar disparidades en el crecimiento inicial de las plantas. Los resultados indican que el tratamiento con guano de isla a una dosis de 4000 kg/ha presentó la mayor altura media con 5.423 cm, seguido por gallinaza a 3000 kg/ha con 4.598 cm y compost a 2000 kg/ha con 4.165 cm, evidenciando una tendencia ascendente en el

crecimiento conforme se incrementa la dosis y se emplean abonos con mayor disponibilidad de nutrientes. En contraste, el tratamiento testigo (sin aplicación de abono) presentó la menor altura media, con 3.750 cm, lo cual refleja un desarrollo limitado de las plantas en ausencia de abonamiento. Sin embargo, los valores de significancia asociados a cada comparación ($p = 1.000$ en todos los casos) indican que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95%. Es decir, aunque se aprecian diferencias en las medias de altura entre tratamientos, estas podrían deberse al azar y no a un efecto real de los factores estudiados. Estos hallazgos sugieren que, si bien el uso de abonos orgánicos, especialmente el guano de isla en dosis elevadas muestra un efecto positivo en el crecimiento inicial de la espinaca, no se puede afirmar con certeza estadística que exista una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados a los 14 días.

Tabla 7

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 21 días.

ALTURA ESPINACAS 21 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	17.424	45.417	0.000
Dosis	3	4.125	10.752	0.000
Abono * dosis	6	1.206	3.145	0.007
Error	117	0.384		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados del ANOVA efectuado para medir la altura de las plantas de espinaca a los 21 días son estadísticamente significativos para los tres factores evaluados: tipo de abono, dosis y la interacción abono*dosis. En primer lugar, el factor abono presentó un valor de significancia de $p = 0.000$, con un estadístico F de 45.417, lo que indica que existen diferencias altamente significativas entre los tipos de abono empleados en el experimento. Esto sugiere que el tipo de Abono orgánico utilizado influye de manera determinante en el crecimiento de la planta. Además, la cantidad de abono aplicada por hectárea influye de

manera significativa en la altura de la cosecha, como se puede observar en el efecto significativo del factor dosis ($p = 0.000$, $F = 10.752$). Este hallazgo confirma la idea de que al aumentar la cantidad de Abono se promueve el crecimiento de las plantas de espinaca. Finalmente, se observa que la interacción entre abono y dosis (abono*dosis) es también estadísticamente significativa ($p = 0.007$, $F = 3.145$), lo cual indica que el efecto de un tipo de abono sobre la altura de la planta no es constante en todas las dosis, sino que varía según la cantidad aplicada. Esta interacción sugiere que ciertas combinaciones de tipo de abono y nivel de dosis generan un efecto sinérgico o diferencial en el crecimiento de la espinaca. En conjunto, estos resultados permiten concluir que tanto el tipo de abono como su dosis, y su interacción, tienen un impacto significativo en la altura de la planta a los 21 días, siendo necesario profundizar con pruebas post hoc (como la de Tukey) para determinar cuáles tratamientos específicos difieren entre sí.

Tabla 8

Prueba de Tukey para altura de planta a los 21 días.

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3 (3000 kg/ha)	4 (4000 kg/ha)
Testigo	40	4.570			
Compost	40		5.140		
Gallinaza	40		5.438		
Guano de Isla	40			6.403	6.06
Sig.		1.00	0.369	1.00	1.00

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Según los resultados de la prueba de Tukey sobre la altura de las plantas de espinaca en tres semanas, se puede observar que el efecto en su desarrollo varía según el tipo y la cantidad de abono utilizado. Se puede apreciar que el abono de isla logró que las plantas alcanzaran alturas promedio de 6.403 cm y 6.060 cm respectivamente, al ser utilizado en cantidades de 3000 kg/ha y 4000 kg/ha. Según estos hallazgos, parece que este Abono natural beneficia de manera más notable el desarrollo de las plantas en contraste con los

otros productos para nutrir el suelo que se analizaron. Por otro lado, las plantas que no recibieron abono orgánico como tratamiento de control mostraron la menor estatura media (4.570 cm), lo que resalta la relevancia de usar Abonos orgánicos en las etapas iniciales del crecimiento de las plantas. Tanto los Abonos compost como la gallinaza presentaron alturas moderadas, con valores que aumentan gradualmente a medida que se incrementa la cantidad aplicada. Se destaca especialmente el impacto de la gallinaza a una dosis de 3000 kg/ha, alcanzando un promedio de 5.438 cm. Sin embargo, los valores de nivel de significancia (Sig.) para todas las distintas dosis y tipos de abono superaron 0.05. Esto indica que, según la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes entre los tratamientos analizados. En resumen, aunque hay una tendencia al alzar en la estatura con algunos tratamientos, estas variaciones no llegan al punto de ser consideradas significativas desde un punto de vista estadístico con un nivel de confianza del 95 %. Resumiendo, el uso abundante de guano de isla resulta beneficioso para el desarrollo de la espinaca, de acuerdo con el análisis de Tukey realizado a los 21 días. A pesar de ello, las disparidades entre los distintos tratamientos no fueron consideradas estadísticamente significativas según los criterios establecidos.

Tabla 9

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 28 días.

ALTURA ESPINACAS 28 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	121.470	102.951	0.000
Dosis	3	11.109	9.415	0.000
Abono * dosis	6	0.686	0.581	0.745
Error	117	1.180		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la altura de la planta de espinaca (en cm) a los 28 días mostró resultados estadísticamente significativos para los

factores tipo de abono y dosis aplicada, mientras que la interacción entre ambos factores no presentó significancia estadística. Específicamente, el factor abono presentó un valor de significancia de $p = 0.000$, acompañado de un estadístico $F = 102.951$, lo que indica que existen diferencias altamente significativas entre los tipos de abono empleados en el experimento. Del mismo modo, el factor dosis también evidenció una significancia estadística ($p = 0.000$, $F = 9.415$), sugiriendo que las distintas cantidades aplicadas del Abono tienen efectos diferenciados en la altura de la planta a este tiempo de evaluación. Sin embargo, la interacción entre ambos factores (abono*dosis) mostró un valor de significancia de $p = 0.745$, con un $F = 0.581$, lo cual indica que la combinación específica de tipo de abono y dosis no generó efectos conjuntos significativos sobre la altura de la planta. Es decir, los efectos observados se deben principalmente a la acción individual del tipo de abono o la cantidad aplicada, y no a su interacción.

Tabla 10

Prueba de Tukey para altura de planta a los 28 días.

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3 (3000 kg/ha)	4(4000kg/ha)
Compost	40	6.873			
Testigo	40	7.200			
Gallinaza	40	7.478			
Guano de Isla	40		10.148	10.5	10.3
Sig.		0.241	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de la diferencia de medias en la altura de las plantas de espinaca a los 28 días, que se hizo usando el test de comparación múltiple de Tukey, con base en la clase y cantidad del abono aplicado, permitió identificar las variaciones más efectivas. Se observa que el guano de isla, en todas sus dosis (1000, 2000, 3000 y 4000 kg/ha), generó las mayores alturas promedio de planta, destacando particularmente en las dosis de 2000 kg/ha (10.148 cm) y 3000 kg/ha (10.5 cm). Estos valores superan visiblemente a los obtenidos con compost (6.873 cm), testigo (7.200 cm) y gallinaza (7.478 cm). No obstante, según los valores de

significancia (Sig.), en ninguna de las comparaciones realizadas se obtuvo un valor por debajo de 0.05, lo cual sugiere que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el análisis de Tukey ($p > 0.05$ en todas las situaciones). Se observó un valor cercano a la significancia al comparar el compost y el guano de isla aplicados a una dosis de 1000 kg/ha ($p = 0.241$), aunque no alcanza el nivel necesario para ser considerado significativo. En resumen, a pesar de que el abono de isla presentó las alturas de planta más destacadas, las disparidades no resultaron relevantes desde el punto de vista estadístico según el análisis de Tukey, lo cual podría deberse a la diversidad existente en los conjuntos de datos o a la incidencia de variables no supervisadas. No obstante, los hallazgos indican que el uso de guano de isla tiene un impacto favorable en el crecimiento de las plantas de espinaca.

Tabla 11

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 35 días.

ALTURA ESPINACAS 35 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	296.518	145.697	0.000
Dosis	3	24.602	12.088	0.000
Abono * dosis	6	1.201	0.590	0.738
Error	117	2.035		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza que se realizó en la altura de las plantas a los 35 días revela diferencias notables desde el punto de vista estadístico, tanto en relación con el tipo de Abono como a la dosis utilizada. Primero, el factor de tipo de Abono tiene un valor F de 145.697 y un nivel de significancia $p = 0.000$, lo que señala que las diferencias en la altura de las plantas entre los distintos tipos de Abonos empleados (testigo, compost, gallinaza y guano isla) son muy significativas. El factor de la dosis también muestra un efecto importante en la variable estudiada, con un nivel de significancia $p = 0.000$ y un valor F de 12.088. Esto hace posible concluir que las diferentes dosis de Abono (1000, 2000, 3000 y

4000 kg/ha) producen efectos distintos en el crecimiento de las espinacas. Por otro lado, la interacción entre el tipo de abono y la dosis no resultó ser estadísticamente significativa ($F = 0.590$, $p = 0.738$), lo que indica que los efectos conjuntos de las dos variables no generan un impacto adicional en la altura de las plantas más allá de sus respectivos efectos independientes. Es decir, tanto el tipo de abono como la dosis influyen de forma independiente sobre el crecimiento de la espinaca, pero su combinación no genera sinergias ni interferencias relevantes.

Tabla 12

Prueba de Tukey para altura de planta a los 35 días.

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3 (3000 kg/ha)	4 (4000 kg/ha)
Testigo	40	8.400			
Compost	40	8.810			
Gallinaza	40	9.238			
Guano de Isla	40		13.725	14.00	14.8
Sig.		0.200	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

De acuerdo con los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey aplicada a la altura de la planta espinaca a los 35 días, se observan variaciones en el crecimiento de las plantas dependiendo del tipo y la cantidad del Abono utilizado. Con el Guano de isla, los tratamientos mostraron las cifras más elevadas de altura media en todas las dosis analizadas: 13.725 cm con 2000 kg/ha, 14.00 cm con 3000 kg/ha y 14.8 cm con 4000 kg/ha. En contraste, los tratamientos con Testigo, Compost y Gallinaza presentaron menores valores de altura, oscilando entre 8.4 cm y 9.238 cm. No obstante, el valor de significancia ($\text{Sig.} > 0.05$) en todos los casos indica que las diferencias entre los promedios no fueron estadísticamente significativas, según el criterio de la prueba de Tukey. Esto sugiere que, a pesar de observarse una tendencia de mayor crecimiento con el uso del guano de isla, no se puede afirmar con suficiente evidencia estadística que dichas diferencias sean atribuibles únicamente al efecto del abono o la dosis utilizada. En síntesis, si bien el Guano

de isla muestra el mejor rendimiento en términos de altura promedio a los 35 días, las diferencias no resultan significativas, lo cual podría atribuirse a la variabilidad de los datos o a un tamaño de efecto insuficiente para establecer diferencias concluyentes entre los tratamientos.

Tabla 13

Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 42 días.

ALTURA ESPINACAS 42 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	805.290	187.696	0.000
Dosis	3	88.506	20.629	0.000
Abono * dosis	6	8.420	1.963	0.077
Error	117	4.290		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El estudio de varianza realizado para evaluar la altura de las plantas de espinaca a los 42 días indica que tanto el tipo como la cantidad de abono utilizados influyen de manera importante en el desarrollo de las plantas. Para empezar, el factor de Abono muestra un valor F de 187.696 y un nivel de significancia de $p = 0.000$, indicando diferencias extremadamente significativas entre las diversas variedades de abono (Testigo, Compost, Gallinaza y Guano de isla) en lo que respecta a su impacto sobre la altura del vegetal. Asimismo, el factor dosis también presenta un efecto estadísticamente significativo, con un valor F de 20.629 y un valor de $p = 0.000$, lo cual sugiere que las distintas cantidades aplicadas (1000, 2000, 3000 y 4000 kg/ha) generan impactos diferenciados en el crecimiento de la espinaca. En cuanto a la interacción entre el tipo de abono y la dosis, esta no resultó significativa ($F = 1.963$, $p = 0.077$), lo que implica que los efectos combinados de ambos factores no produjeron una interacción estadísticamente relevante sobre la altura. Por tanto, se concluye que los efectos observados se deben principalmente a la influencia individual de cada factor, sin que se observe una sinergia significativa entre ellos en este punto del desarrollo de la planta.

Tabla 14*Prueba de Tukey para altura de planta a los 42 días.*

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3 (3000 kg/ha)	4(4000kg/ha)
Testigo	40	9.950			
Compost	40	10.250			
Gallinaza	40	10.813			
Guano de Isla	40		18.288	21.300	19.150
Sig.		0.497	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para la altura de planta de espinaca a los 42 días permiten identificar diferencias en el crecimiento en función del tipo de abono y la dosis aplicada. Se observa que el Guano de Isla produjo los mayores valores de altura promedio en todas las dosis, alcanzando 18.288 cm con 1000 kg/ha, 21.300 cm con 3000 kg/ha y 19.150 cm con 4000 kg/ha. En cambio, los tratamientos con Testigo, Compost y Gallinaza presentaron alturas promedio considerablemente menores, situándose entre 9.950 cm y 10.813 cm, independientemente de la dosis. A pesar de esta clara tendencia de mayor crecimiento con el uso del Guano de isla, los valores de significancia (Sig. > 0.05 en todas las combinaciones) indican que las diferencias entre grupos no alcanzan significancia estadística según el criterio de Tukey al nivel de confianza del 95%. Es decir, no se puede asegurar que las diferencias observadas sean atribuibles al tratamiento con un nivel de confianza estadística suficiente. En conclusión, aunque el Guano de Isla muestra consistentemente mayor efectividad en estimular el crecimiento en altura de las plantas de espinaca a los 42 días, pero la prueba estadística indica que no hay diferencias significativas, posiblemente por la variabilidad entre los datos o por una magnitud de diferencia no suficientemente alta.

Tabla 15*Análisis de varianza para la altura de la planta (cm) a los 49 días.*

ALTURA ESPINACAS 49 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	1854.832	258.115	0.000
Dosis	3	183.196	25.493	0.000
Abono * dosis	6	41.704	5.803	0.000
Error	117	7.186		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza que se llevó a cabo para la altura de la planta de espinaca a los 49 días muestra que los factores analizados tienen un impacto muy significativo en el crecimiento vegetal. El tipo de abono mostró un valor F de 258.115 y un nivel de significación de $p = 0.000$, lo que señala que hay diferencias estadísticamente relevantes entre los diferentes tipos de Abonos utilizados (Testigo, Compost, Gallinaza y Guano de Isla), siendo este un determinante clave en el incremento de la altura de las plantas. Del mismo modo, el factor dosis del abono también generó un efecto significativo, con un valor F de 25.493 y un valor de $p = 0.000$, lo que demuestra que las distintas cantidades aplicadas (1000, 2000, 3000 y 4000 kg/ha) produjeron variaciones importantes en el crecimiento de las espinacas. Además, a diferencia de evaluaciones previas, en esta etapa se observa que la interacción entre tipo de abono y dosis también resultó significativa ($F = 5.903$, $p = 0.000$), lo que indica que el efecto de la dosis sobre la altura de la planta depende del tipo de abono utilizado, es decir, hay una interacción sinérgica entre ambos factores. Este hallazgo sugiere que ciertas combinaciones específicas de abono y dosis pueden ser particularmente eficaces para maximizar el desarrollo vegetal.

Tabla 16*Prueba de Tukey para altura de planta a los 49 días.*

TIPO DE ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2 (2000 kg/ha)	3(3000kg/ha)	4 (4000 kg/ha)
Testigo	40	11.400			
Compost	40	11.658			
Gallinaza	40	12.038			
Guano de Isla	40		23.638	24.85	27.50
Sig.		0.852	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Se observa una tendencia clara en el crecimiento de las espinacas, dependiendo del tipo de Abono y la dosis utilizada, según los resultados obtenidos con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para la altura de planta a los 49 días. En este análisis, el Guano de Isla evidenció las mayores alturas promedio en todas sus dosis, alcanzando 23.638 cm con 1000 kg/ha, 24.850 cm con 3000 kg/ha y hasta 27.500 cm con 4000 kg/ha. En contraste, los tratamientos con Testigo, Compost y Gallinaza presentaron alturas significativamente menores, con promedios que oscilan entre 11.400 cm y 12.038 cm, independientemente de la dosis aplicada. Sin embargo, pese a las diferencias evidentes en los valores medios de altura, la significancia estadística obtenida (Sig. > 0.05 en todas las combinaciones) indica que las diferencias observadas entre tratamientos no son estadísticamente significativas al 95 % de confianza. Esto implica que no se puede afirmar con certeza estadística que el tipo de abono o la dosis aplicada sea responsable directo del mayor crecimiento observado. En resumen, a los 49 días el Guano de Isla presenta una notable superioridad en lo que respecta a la altura de las plantas, los resultados del análisis de Tukey sugieren que estas diferencias no alcanzan significancia estadística, posiblemente debido a la variabilidad dentro de los grupos o al tamaño del efecto.

Comportamiento Agronómico – NUMERO DE HOJAS - de la Espinaca

Tabla 17

Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 7 días

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 7 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.000		
Dosis	3	0.000		
Abono * dosis	6	0.000		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

A los 7 días, el análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en el número de hojas de espinaca entre los diferentes tipos de abono, dosis aplicadas ni su interacción ($p > 0.05$). Esto sugiere que, en esta etapa temprana de desarrollo, el tipo y la cantidad de abono aún no han influido de manera detectable en la formación foliar de las plantas.

Tabla 18

Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 14 días

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 14 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.000		
Dosis	3	0.000		
Abono * dosis	6	0.000		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados del análisis de varianza a las dos semanas indican que no hay diferencias significativas en la cantidad de hojas de espinaca entre los tratamientos por tipo de Abono, dosis o su interacción ($p > 0.05$). Esto indica que, hasta esta etapa del desarrollo, los factores evaluados aún no han generado efectos detectables en la producción foliar de las plantas.

Tabla 19*Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 21 días*

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 21 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	3.273		
Dosis	3	3.243		
Abono * dosis	6	3.158		
Error	116	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

A los 21 días, se observa que tanto el tipo de abono, la dosis aplicada y su interacción presentan medias cuadráticas diferentes; sin embargo, la ausencia de valores en la columna de significancia (Sig.) impide confirmar si estos efectos son estadísticamente significativos. Por tanto, no es posible concluir con certeza si existen diferencias reales entre los tratamientos respecto al número de hojas sin los valores exactos de *p*.

Tabla 20*Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 28 días*

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 28 DIAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.000		
Dosis	3	0.000		
Abono * dosis	6	0.000		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza indica que no existen diferencias en las medias cuadráticas entre los tratamientos de abono, dosis y su interacción a los 28 días, porque todos los valores son cero. Esto señala que no se observaron cambios en la cantidad de hojas entre los grupos evaluados, lo que sugiere una respuesta uniforme de las plantas ante los tratamientos en esta etapa.

Tabla 21*Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 35 días*

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 35 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.833		
Dosis	3	0.833		
Abono * dosis	6	0.833		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

A los 35 días, el análisis de varianza muestra que los factores abono, dosis y su interacción presentan una media cuadrática de 0.833, pero con un error cuadrático medio igual a 0.000, lo cual impide calcular el estadístico F de forma válida. Esta situación sugiere una ausencia de variabilidad en los datos, probablemente por valores constantes en todos los tratamientos, impidiendo detectar diferencias estadísticas en el número de hojas entre los grupos evaluados.

Tabla 22*Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 42 días*

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 42 DÍAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.833		
Dosis	3	0.833		
Abono * dosis	6	0.833		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

A los 42 días, el análisis de varianza indica que las fuentes de variación (tipo de abono, dosis e interacción abono*dosis) presentan una media cuadrática constante (0.833) y un error cuadrático medio igual a 0.000, lo que impide el cálculo del valor F y la significancia estadística. Esta situación refleja una ausencia de variabilidad en los datos entre tratamientos, lo que sugiere que no hubo diferencias en el número de hojas entre los grupos evaluados en esta etapa del cultivo.

Tabla 23*Análisis de varianza para el número de hojas de la planta a los 49 días*

NÚMERO DE HOJAS DE ESPINACAS 49 DIAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	13.333		
Dosis	3	0.000		
Abono * dosis	6	0.000		
Error	117	0.000		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

A los 49 días, el análisis de varianza revela que solo el factor "abono" mostró una variación observable en la media cuadrática (13.333), mientras que tanto la dosis como la interacción abono*dosis presentan valores nulos, al igual que el error. Esta condición indica falta de variabilidad en los datos, lo que imposibilita el cálculo del estadístico F y del valor de significancia, limitando así la interpretación estadística formal. Por tanto, no se puede afirmar con evidencia estadística que existan diferencias significativas en el número de hojas atribuibles a los tratamientos evaluados.

Resultados consolidados del comportamiento agronómico

Tabla 24

Tratamiento de guano de isla

Tratamiento Guano de isla												
	Número de hojas	Altura de planta desde la raíz (cm)	Peso de planta fresca (g)	Cantidad de agua en la planta(g)	Peso de materia seca(g)	Altura de planta desde el suelo(cm)	Grosor del tallo (cm)	Altura de tallo (cm)	Ancho de hoja (cm)	Altura de hoja (cm)	Profundidad de raíz (cm)	Grosor de raíz (cm)
Tratamiento guano de isla 1000 kg/ha	12.8	32.8	34	26	8	21.7	0.2	11.35	7.45	10.35	11.1	0.64
Tratamiento guano de isla 2000 kg/ha	16	38.3	65.3	56.7	8.6	26.85	0.21	14.35	8.4	12.5	11.45	0.93
Tratamiento guano de isla 3000 kg/ha	16	43.7	81.7	67.6	14.1	30.2	0.5	17	9.7	13.2	13.5	1.27
Tratamiento guano de isla 4000 kg/ha	16	51.1	90	67.6	22.4	36.2	0.47	19.6	12.9	16.6	14.9	1.53

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los hallazgos indican una marcada tendencia favorable en el comportamiento agronómico de la espinaca a medida que se incrementa la cantidad de guano isla. La espinaca llegó a una media de 12.8 hojas, con un peso fresco de 34 g y una altura de planta de 32.8 cm, en el manejo de 1000 kg/ha, lo que demuestra un crecimiento inicial restringido. Se notó un incremento significativo en el número de hojas (16), la altura de la planta (38.3 cm) y el peso fresco (65.3 g) cuando se amplió la dosis a 2000 kg/ha, lo que indica una respuesta fisiológica óptima.

El tratamiento con 3000 kg/ha reforzó esta tendencia, obteniendo un peso fresco promedio de 81.7 g y un mayor desarrollo en la altura de planta (43.7 cm) y longitud radicular (13.5 cm), lo cual indica una mayor capacidad de absorción de nutrientes. Finalmente, la dosis más alta de 4000 kg/ha produjo los mejores resultados agronómicos, alcanzando 16 hojas por planta, una altura promedio de 51.1 cm y un peso fresco de 90 g, acompañado de un grosor de raíz de 1.53 cm, lo que evidencia un crecimiento vigoroso y un rendimiento potencial superior.

En general, se aprecia que la aplicación progresiva de guano de isla mejora significativamente las variables morfológicas y fisiológicas de la espinaca, particularmente en número de hojas, altura de planta, peso fresco y desarrollo radicular. Estos resultados sugieren que el abonamiento con guano de isla, en dosis crecientes, contribuye al fortalecimiento estructural de la planta y a un mayor potencial de rendimiento, siendo la dosis de 4000 kg/ha la que generó la respuesta más sobresaliente en todas las variables evaluadas.

Tabla 25

Tratamiento de guano de gallinaza

Tratamiento de guano de gallinaza												
	Número de hojas	Altura de planta desde la raíz (cm)	Peso de planta fresca (g)	Cantidad de agua en la planta(g)	Peso de materia seca(g)	Altura de planta desde el suelo(cm)	Grosor del tallo (cm)	Altura de tallo (cm)	Ancho de hoja (cm)	Altura de hoja (cm)	Profundidad de raíz (cm)	Grosor de raíz (cm)
Tratamiento guano de gallina de 1000 Kg/ha	12	19.68	11.7	9.95	1.75	12.85	0.1	6.05	4.04	6.8	6.83	0.27
Tratamiento guano de gallina de 2000 Kg/ha	12	23.85	16.5	14.2	2.3	14.95	0.1	6.8	4.95	8.15	8.9	0.33
Tratamiento guano de gallina de 3000 Kg/ha	12.8	28.6	25.2	21.55	3.65	17.4	0.11	8.35	5.9	9.05	11.2	0.5
Tratamiento guano de gallina de 4000 Kg/ha	13	32	30.1	25.7	4.4	17.2	0.1	8.45	6.03	8.75	14.8	0.71

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados del tratamiento con guano de gallinaza evidencian que las dosis crecientes influyen de manera progresiva en el desarrollo agronómico de la espinaca. Con la aplicación de 1000 kg/ha, se registró un número promedio de 12 hojas, una altura de planta de 19.68 cm y un peso fresco de

apenas 11.7 g, lo que refleja un crecimiento limitado y poco vigoroso. Al incrementar la dosis a 2000 kg/ha, se observó una mejora en la biomasa, alcanzando un peso fresco de 16.5 g y una mayor longitud radicular (8.9 cm), aunque los valores aún fueron moderados.

En el tratamiento con 3000 kg/ha, las plantas presentaron un desarrollo más equilibrado, con 12.8 hojas, una altura de 28.6 cm y un peso fresco de 25.2 g, además de una mayor profundidad de raíz (11.2 cm), lo cual indica una mejor adaptación fisiológica y aprovechamiento del nutriente. Finalmente, con la dosis de 4000 kg/ha se obtuvieron los valores más altos en casi todas las variables evaluadas: 13 hojas, una altura de 32 cm y un peso fresco de 30.1 g, acompañado de un grosor de raíz de 0.71 cm, lo que demuestra un crecimiento más vigoroso y una capacidad radicular más robusta.

En general, el guano de gallinaza muestra un efecto positivo sobre el comportamiento agronómico de la espinaca, aunque el impacto es menos marcado en comparación con el guano de isla. No obstante, se confirma que el incremento de la dosis, especialmente a partir de 3000 kg/ha, favorece tanto el desarrollo aéreo como radicular, siendo la dosis de 4000 kg/ha la más efectiva para potenciar las características fenotípicas y el rendimiento potencial del cultivo.

Tabla 26

Tratamiento de guano de compost

Tratamiento Guano de Compost												
	Número de hojas	Altura de planta desde la raíz (cm)	Peso de planta fresca (g)	Cantidad de agua en la planta(g)	Peso de materia seca(g)	Altura de planta desde el suelo(cm)	Grosor del tallo (cm)	Altura de tallo (cm)	Ancho de hoja (cm)	Altura de hoja (cm)	Profundidad de raíz (cm)	Grosor de raíz (cm)
tratamiento guano de compost 1000 kg/ha	10.2	21.1	10.7	9.5	1.2	12.8	0.1	5.65	4.45	7.15	8.3	0.31
tratamiento guano de compost 2000 kg/ha	13	23.4	17.1	13.67	3.43	16.45	0.1	8.25	5.3	8.2	6.95	0.085
tratamiento guano de compost 3000 kg/ha	16	27.3	23	20.33	2.67	17.5	0.1	9.2	5	8.3	9.8	0.35
tratamiento guano de compost 4000 kg/ha	16	26	20	16.06	2.16	15.33	0.10	7.39	4.72	7.94	10.67	0.4

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados obtenidos con la aplicación de compost muestran una respuesta progresiva en el crecimiento y desarrollo de la espinaca conforme se incrementa la dosis aplicada. En el tratamiento con 1000 kg/ha, las plantas presentaron un crecimiento limitado, con un promedio de 10.2 hojas, altura de 21.1 cm y peso fresco de 10.7 g, además de un grosor radicular reducido (0.31 cm). Al aumentar la dosis a 2000 kg/ha, se

observó un incremento en el número de hojas (13), en la altura de planta (23.4 cm) y en el peso fresco (17.1 g), aunque con un grosor de raíz bajo (0.085 cm), lo cual sugiere un efecto positivo moderado en el desarrollo aéreo, pero no en el radicular.

Con 3000 kg/ha, la espinaca mostró un mayor vigor, alcanzando 16 hojas, una altura de 27.3 cm y un peso fresco de 23 g, acompañado de una mejor profundidad radicular (9.8 cm) y un grosor de raíz de 0.35 cm, lo que indica un crecimiento más equilibrado y un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Finalmente, la dosis de 4000 kg/ha mantuvo el número de hojas en 16 y la altura de planta en 26.2 cm, con un peso fresco de 20 g y una profundidad de raíz de 10.67 cm, aunque se redujo ligeramente el peso seco respecto a la dosis de 3000 kg/ha.

En general, el compost tiene un efecto positivo en el comportamiento agronómico de la espinaca, especialmente a partir de los 3000 kg/ha, donde se obtiene un mayor desarrollo foliar y radicular. Sin embargo, a diferencia del guano de isla o la gallinaza, el compost mostró una respuesta menos marcada en la acumulación de biomasa fresca, aunque sí contribuyó a mejorar la estructura radicular y la estabilidad de la planta.

Tabla 27*Tratamiento testigo*

Testigo												
	Número de hojas	Altura de planta desde la raíz (cm)	Peso de planta fresca (g)	Cantidad de agua en la planta(g)	Peso de materia seca(g)	Altura de planta desde el suelo(cm)	Grosor del tallo (cm)	Altura de tallo (cm)	Ancho de hoja (cm)	Altura de hoja (cm)	Profundidad de raíz (cm)	Grosor de raíz (cm)
Testigo 1	9	25	21	20.2	2.1	15	0.1	7.0	5.4	8.0	10.3	0.52
Testigo 2	9	25.5	23	19.5	2.0	15	0.1	7.1	5.2	7.9	10.4	0.51
Testigo 3	10	26	22	19.6	2.1	15	0.1	7.2	5.3	7.9	10.5	0.50
Testigo 4	8	25	22	20.0	2.0	15	0.1	7.1	5.3	8.0	10.4	0.51
Promedio	9	25.4	22	19.94	2.06	15	0.1	7.05	5.3	7.95	10.4	0.51

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El tratamiento testigo, es decir, el cultivo de espinaca sin aplicación de abonos orgánicos mostró un desarrollo limitado en comparación con los tratamientos abonados. En promedio, las plantas alcanzaron 9 hojas, con una altura de 25.4 cm y un peso fresco de 22 g, evidenciando un crecimiento moderado pero insuficiente frente a los tratamientos con fertilización. Asimismo, la cantidad de agua contenida en las plantas fue de 19.94 g, con un peso seco de apenas 2.06 g, lo que refleja una baja acumulación de biomasa.

En cuanto a las variables morfológicas, el grosor del tallo fue reducido (0.1 cm), lo que indica menor resistencia estructural. El ancho y la altura de la hoja alcanzaron 5.3 cm y 7.95 cm, respectivamente, valores notoriamente inferiores a los observados en los tratamientos con abonos.

A nivel radicular, la profundidad promedio de la raíz fue de 10.4 cm, mientras que el grosor se limitó a 0.51 cm, lo que muestra una raíz menos vigorosa y con menor capacidad de absorción de nutrientes.

En conjunto, los resultados del testigo confirman que el desarrollo natural de la espinaca sin fertilización orgánica es limitado, lo cual repercute en una menor producción foliar y radicular. Esto evidencia la importancia de la incorporación de abonos orgánicos como factor determinante para mejorar el comportamiento agronómico y potenciar el rendimiento del cultivo en las condiciones de Talavera, Andahuaylas

6.2. Rendimiento agronómico de la Espinaca en el área experimental

Tabla 28

Análisis de varianza para el número de hojas a la madurez fisiológica.

NÚMERO DE HOJAS				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	75.633	179.784	0.000
Dosis	3	72.418	172.140	0.000
Abono * dosis	6	16.341	38.843	0.000
Error	116	0.421		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza muestra que el tipo de abono ($F = 179.784$; $p = 0.000$), la dosis ($F = 172.140$; $p = 0.000$) y la interacción entre abono y dosis ($F = 38.843$; $p = 0.000$) tienen efectos estadísticamente significativos sobre el número de hojas de espinaca a la madurez fisiológica ($p < 0.05$). Esto indica que tanto el tipo de Abono, la cantidad aplicada, como su combinación, influyen significativamente en el rendimiento foliar del cultivo al final de su ciclo.

Tabla 29

*Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el **número de hojas** en espinaca a la madurez fisiológica.*

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	1,46*	0.146	0.000	1.08	1.84
	Gallinaza	2,75*	0.145	0.000	2.37	3.13
	Testigo	6,20*	0.229	0.000	5.60	6.80
Compost	Guano de Isla	-1,46*	0.146	0.000	-1.84	-1.08
	Gallinaza	1,29*	0.146	0.000	0.91	1.67
	Testigo	4,74*	0.230	0.000	4.14	5.34
Gallinaza	Guano de Isla	-2,75*	0.145	0.000	-3.13	-2.37
	Compost	-1,29*	0.146	0.000	-1.67	-0.91
	Testigo	3,45*	0.229	0.000	2.85	4.05
Testigo	Guano de Isla	-6,20*	0.229	0.000	-6.80	-5.60
	Compost	-4,74*	0.230	0.000	-5.34	-4.14
	Gallinaza	-3,45*	0.229	0.000	-4.05	-2.85

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Según los datos arrojados por el análisis de Tukey HSD, se puede observar que hay disparidades estadísticamente relevantes en la cantidad de hojas de espinaca según el Abono empleado al llegar a la madurez fisiológica ($p < 0.05$). Dentro de este escenario, el uso de Guano de Isla se distinguió por estimular la producción de más hojas en contraste con las otras opciones, sobrepasando de manera notable al grupo testigo con una variación de 6.20 hojas, a la gallinaza con 2.75 hojas y al compost con 1.46 hojas. Asimismo, el compost también mostró un efecto positivo al superar al testigo en 4.74 hojas y a la gallinaza en 1.29 hojas. Por su parte, la gallinaza presentó una diferencia significativa con respecto al testigo, con un incremento de 3.45 hojas. En contraste, el tratamiento testigo, es decir, sin aplicación de abono orgánico, registró el menor número de hojas, siendo superado estadísticamente por todos los tratamientos evaluados. Estos hallazgos permiten concluir que el uso de abonos orgánicos, en especial el Guano de Isla, favorece significativamente el desarrollo foliar de

la espinaca, representando una alternativa agronómica eficaz para mejorar su rendimiento fisiológico.

Tabla 30

Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el número de hojas según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Testigo	40	9.00			
Gallinaza	40		12.45		
Compost	40			13.74	
Guano de isla	40				15.20
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Según los análisis de los grupos homogéneos de Tukey HSD, se encontraron variaciones importantes en la cantidad de hojas de espinaca al llegar a la madurez fisiológica, dependiendo del tipo y cantidad de Abono utilizados. En la parcela sin Abono (grupo de testigos) se observó la menor cantidad de hojas, con una media de 9.00 con una aplicación de 1000 kg/Ha. Por otro lado, los cultivos tratados con Abonos naturales mostraron un aumento constante en la cantidad de hojas a medida que se incrementaba la cantidad aplicada. En particular, la gallinaza mostró un valor promedio de 12.45 hojas a una dosis de 2000 kg/Ha, mientras que el compost alcanzó un promedio de 13.74 hojas con 3000 kg/Ha. El mayor efecto se obtuvo con el Guano de Isla, el cual registró un promedio de 15.20 hojas bajo una dosis de 4000 kg/Ha. Estos hallazgos confirman que tanto el tipo de abono como su dosis inciden significativamente en el rendimiento foliar de la espinaca, siendo el Guano de Isla, en su mayor concentración, el tratamiento más efectivo para potenciar el desarrollo vegetativo en términos del número de hojas.

Tabla 31

*Análisis de varianza para la **altura de planta desde la raíz** a la madurez fisiológica.*

ALTURA DE PLANTA DESDE LA RAIZ				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	3517.9	127.568	0.000
Dosis	3	800.5	29.030	0.000
Abono * dosis	6	79.3	2.876	0.012
Error	116	27.6		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados al estudiar la altura de las plantas desde la raíz hasta la madurez fisiológica mediante el análisis de varianza. Para empezar, el tipo de Abono tuvo un impacto muy significativo en la estatura de las plantas ($p = 0.000$), lo que sugiere que la elección de distintos Abonos provoca cambios notables en el desarrollo de la espinaca. Igualmente, la cantidad de abono utilizada tuvo un impacto importante ($p = 0.000$), indicando que al aumentar la dosis de abono, se ve reflejado en la altura que alcanzan las plantas. Además, se notó una conexión importante entre el tipo de Abono y la cantidad utilizada ($p = 0.012$), lo cual demuestra que la influencia del abono en la estatura de la planta no es uniforme, sino que depende del nivel de dosis utilizado. Estos resultados demuestran que tanto el tipo como la cantidad de abono, así como su combinación, inciden significativamente en el desarrollo vertical de la espinaca en condiciones experimentales.

Tabla 32

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de planta desde la raíz en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	17,065*	1.1817	0.000	13.984	20.145
	Gallinaza	15,443*	1.1742	0.000	12.382	18.503
	Testigo	16,075*	1.8566	0.000	11.235	20.915
Compost	Guano de Isla	-17,065*	1.1817	0.000	-20.145	-13.984
	Gallinaza	-1.622	1.1817	0.519	-4.703	1.458
	Testigo	-0.990	1.8614	0.951	-5.842	3.862
Gallinaza	Guano de Isla	-15,443*	1.1742	0.000	-18.503	-12.382
	Compost	1.622	1.1817	0.519	-1.458	4.703
	Testigo	0.632	1.8566	0.986	-4.207	5.472
Testigo	Guano de Isla	-16,075*	1.8566	0.000	-20.915	-11.235
	Compost	0.990	1.8614	0.951	-3.862	5.842
	Gallinaza	-0.632	1.8566	0.986	-5.472	4.207

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al llegar a la etapa de madurez fisiológica, se encontraron variaciones estadísticamente relevantes en la altura de las plantas desde la raíz, según el tipo de Abono utilizado, según el análisis de Tukey HSD. El Guano de Isla sobresale por producir una altura considerablemente mayor que el Compost, la Gallinaza y el testigo, con diferencias de medias de 17.065*, 15.443* y 16.075*, respectivamente ($p < 0.001$ en todos los casos). En contraste, las comparaciones entre Compost, Gallinaza y Testigo no presentan diferencias significativas, ya que los valores de significancia son mayores a 0.05. Esto indica que estos tres tratamientos tienen efectos similares sobre la altura de las plantas. En conjunto, los resultados evidencian que el uso de Guano de Isla como Abono promueve un crecimiento vertical significativamente superior en la espinaca, siendo el abono más efectivo en términos de incremento de altura desde la raíz hasta la madurez fisiológica.

Tabla 33

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para **altura de planta desde la raíz** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000kg/ha)	4(4000kg/ha)
Compost	40	24.410			
Testigo	40	25.400			
Gallinaza	40	26.033			
Guano de isla	40		41.475	43.70	51.10
Sig.		0.725	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD aplicada para evaluar la altura de la planta desde la raíz según el tipo de abono y su dosis en la etapa de madurez fisiológica, revela diferencias notables entre tratamientos. En primer lugar, se observa que los tratamientos con Compost, Testigo y Gallinaza, aplicados con una dosis de 1000 kg/ha, registraron las alturas más bajas (24.410 cm, 25.400 cm y 26.033 cm respectivamente), sin diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$), como se indica en la columna de significancia correspondiente. Por otro lado, el Guano de Isla mostró un comportamiento sobresaliente al registrar las mayores alturas promedio de planta en todas las dosis evaluadas, incrementando progresivamente desde 41.475 cm (2000 kg/ha), hasta 51.10 cm con la dosis más alta (4000 kg/ha). Este patrón evidencia un efecto positivo directo del Guano de Isla sobre el crecimiento de la espinaca, especialmente a mayores dosis. A pesar de que los valores de significancia son superiores a 0.05 en todas las comparaciones, lo cual sugiere que no todas las diferencias son estadísticamente significativas según Tukey, los valores absolutos muestran que el Guano de Isla generó un incremento notable en altura respecto a los otros abonos, lo que respalda su potencial agronómico como insumo orgánico eficaz para optimizar el desarrollo de la espinaca en condiciones de madurez fisiológica.

Tabla 34

Análisis de varianza para el peso de la planta seca a la madurez fisiológica.

PESO DE LA PLANTA FRESCA				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	65025.745	126.098	0.000
Dosis	3	16947.147	32.864	0.000
Abono * dosis	6	10334.647	20.041	0.000
Error	116	515.675		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al estudiar el peso de las plantas al alcanzar la madurez fisiológica, el análisis de varianza (ANOVA) muestra que existen variaciones muy importantes entre los diferentes tratamientos analizados. Los diferentes tipos de Abono ($F = 126.098$; $p = 0.000$), la cantidad aplicada ($F = 32.864$; $p = 0.000$) y la combinación de ambos (Abono * cantidad, $F = 20.041$; $p = 0.000$) mostraron niveles de significancia estadística por debajo de 0.05, lo cual sugiere que tienen un impacto importante en el peso fresco de las espinacas. Estos hallazgos muestran que tanto el Abono utilizado como la cantidad aplicada impactan directamente en la cantidad de biomasa que la planta acumula. Asimismo, la interacción entre ambos factores sugiere que la respuesta al abono varía dependiendo de la dosis empleada, lo cual resalta la necesidad de establecer combinaciones óptimas para maximizar el rendimiento en peso húmedo. Este hallazgo es crucial para definir estrategias agronómicas eficientes orientadas a mejorar la productividad del cultivo de espinaca.

Tabla 35

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el peso de la planta fresca en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	71,61*	5.110	0.000	58.29	84.93
	Gallinaza	68,38*	5.078	0.000	55.14	81.61
	Testigo	67,25*	8.029	0.000	46.32	88.18
Compost	Guano de Isla	-71,61*	5.110	0.000	-84.93	-58.29
	Gallinaza	-3.23	5.110	0.921	-16.55	10.09
	Testigo	-4.36	8.049	0.949	-25.34	16.62
Gallinaza	Guano de Isla	-68,37*	5.078	0.000	-81.61	-55.14
	Compost	3.23	5.110	0.921	-10.09	16.55
	Testigo	-1.13	8.029	0.999	-22.05	19.80
Testigo	Guano de Isla	-67,25*	8.029	0.000	-88.18	-46.32
	Compost	4.36	8.049	0.949	-16.62	25.34
	Gallinaza	1.13	8.029	0.999	-19.80	22.05

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al realizar el análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba Tukey HSD para el peso de las plantas al alcanzar la madurez fisiológica, se observan disparidades estadísticamente relevantes entre las distintas variedades de Abonos utilizados. El Guano de Isla destacó claramente en comparación con los otros tratamientos, ya que tuvo un aumento notable en el peso húmedo promedio, alcanzando los 71.61 g, superando al Compost, que registró 68.38 g, a la Gallinaza con 67.25 g y al Testigo ($p < 0.001$ en todos los casos). Según estos hallazgos, el Guano de Isla destaca como el mejor Abono para aumentar la cantidad de materia seca en cultivos de espinacas. En contraste, al comparar Compost, Gallinaza y Testigo, no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes ($p > 0.05$), lo que indica que estos tratamientos impactan de manera similar en el peso seco de la planta. En resumen, se puede afirmar que el tipo de Abono tiene un impacto importante en la cantidad de materia húmeda que se acumula en las espinacas, destacando el Guano de Isla como la opción más

eficaz entre los diferentes abonos analizados. Este hallazgo refuerza su recomendación como enmienda orgánica preferente para optimizar el rendimiento del cultivo.

Tabla 36

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el **peso de la planta fresca** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000kg/ha)
Compost	40	17.64			
Gallinaza	40	20.88			
Testigo	40	22.00			
Guano de isla	40		89.25	90.52	94.30
Sig.		0.916	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al aplicar la prueba de Tukey HSD para examinar el peso húmedo de las plantas de espinaca en la etapa de madurez fisiológica, considerando el tipo y la cantidad de Abono orgánico, se logró detectar patrones significativos en el rendimiento agronómico de los diferentes tratamientos. Los tratamientos utilizando Compost, Gallinaza y Control con una cantidad de 1000 kg/ha mostraron los menores resultados de peso seco (17.64 g, 20.88 g y 22.00 g respectivamente), sin presentar diferencias estadísticamente relevantes entre ellos ($p > 0.05$), de acuerdo con los niveles de significancia. En contraste, el uso de Guano de Isla mostró un incremento sustancial del peso húmedo de las plantas conforme aumentó la dosis aplicada, alcanzando 89.25 g con 2000 kg/ha, 90.52 g con 3000 kg/ha y hasta 94.30 g con la dosis máxima de 4000 kg/ha. Aunque los valores de significancia de Tukey ($p > 0.05$) no evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de Guano de Isla, el efecto positivo en términos de ganancia de biomasa es claramente observable en valores absolutos. En síntesis, el Guano de Isla fue el abono que promovió los mayores incrementos en el peso humedo de las plantas de espinaca, lo que respalda su eficacia como enmienda orgánica de alto rendimiento en comparación con otros abonos evaluados. Este resultado es

especialmente relevante en la etapa de madurez fisiológica, en la que el desarrollo biométrico de la planta alcanza su punto culminante.

Tabla 37

*Análisis de varianza para la **cantidad de agua en la planta** a la madurez fisiológica.*

CANTIDAD DE AGUA EN LA PLANTA				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	47457.696	123.779	0.001
Dosis	3	13490.052	35.185	0.001
Abono * dosis	6	8613.167	22.465	0.001
Error	117	383.406		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza realizado para la cantidad de agua en la planta a la madurez fisiológica revela diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Los factores tipo de abono ($F = 123.779$; $p = 0.000$), dosis de abono ($F = 35.185$; $p = 0.000$) y su interacción ($F = 22.465$; $p = 0.000$) influyeron de manera estadísticamente significativa en la retención de agua por parte de la espinaca. Estas diferencias indican que tanto el tipo como la cantidad de abono aplicado, así como su combinación, modifican de forma importante la hidratación del tejido vegetal. En particular, la alta media cuadrática atribuida al factor abono (47457.696) sugiere que este componente es el que más contribuye a la variabilidad en el contenido de agua. Por tanto, la adecuada selección del Abono y su dosificación representan elementos clave para optimizar la absorción y retención hídrica en el cultivo, lo cual podría tener implicancias directas en su crecimiento, rendimiento y calidad fisiológica.

Tabla 38

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la cantidad de agua en la planta en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	61,085*	4.3784	0.000	49.673	72.497
	Gallinaza	58,125*	4.3784	0.000	46.713	69.537
	Testigo	56,035*	6.9228	0.000	37.992	74.078
Compost	Guano de Isla	-61,085*	4.3784	0.000	-72.497	-49.673
	Gallinaza	-2.960	4.3784	0.906	-14.372	8.452
	Testigo	-5.050	6.9228	0.885	-23.093	12.993
Gallinaza	Guano de Isla	-58,125*	4.3784	0.000	-69.537	-46.713
	Compost	2.960	4.3784	0.906	-8.452	14.372
	Testigo	-2.090	6.9228	0.990	-20.133	15.953
Testigo	Guano de Isla	-56,035*	6.9228	0.000	-74.078	-37.992
	Compost	5.050	6.9228	0.885	-12.993	23.093
	Gallinaza	2.090	6.9228	0.990	-15.953	20.133

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de comparaciones múltiples de Tukey HSD revela diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de agua en la planta según el tipo de abono aplicado durante la madurez fisiológica de la espinaca. El guano de isla mostró diferencias altamente significativas respecto al compost (diferencia de medias = 61.085; $p = 0.000$), gallinaza (58.125; $p = 0.000$) y testigo (56.035; $p = 0.000$), con intervalos de confianza al 95 % que no incluyen el valor cero, confirmando la significancia de los contrastes. Por el contrario, no se hallaron diferencias significativas entre compost, gallinaza y testigo entre sí ($p > 0.05$), lo cual indica que estos tratamientos presentaron efectos similares sobre el contenido hídrico de la planta. En suma, el guano de isla demostró ser significativamente superior en promover la acumulación de agua en la espinaca, lo que sugiere un mayor impacto fisiológico sobre la hidratación vegetal, posiblemente vinculado a su composición química y capacidad de retención hídrica en el suelo.

Tabla 39

Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la cantidad de agua en la planta según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Compost	40	14.890			
Gallinaza	40	17.850			
Testigo	40	19.940			
Guano de isla	40		75.975	85.30	98.20
Sig.		0.819	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La prueba de Tukey HSD aplicada para analizar la cantidad de agua contenida en la planta de espinaca en la etapa de madurez fisiológica, según el tipo y dosis de abono, reveló diferencias sustanciales entre los tratamientos, aunque estadísticamente no significativas según los valores de significancia ($p > 0.05$). Los tratamientos con Compost (14.890 g), Gallinaza (17.850 g) y Testigo (19.940 g) a una dosis de 1000 kg/ha, presentaron los niveles más bajos de agua en la planta, agrupándose en un mismo subconjunto homogéneo sin diferencias significativas. En cambio, el Guano de Isla mostró un efecto marcadamente superior en la retención hídrica de las plantas, registrando 75.975 g con 2000 kg/ha, 85.30 g con 3000 kg/ha y 98.20 g con 4000 kg/ha. Estos valores muestran aumentos significativos en contraste con otros Abonos y el grupo de control, demostrando un impacto positivo del Guano de Isla en la habilidad de la planta para retener agua, probablemente gracias a su incremento de materia orgánica, nutrientes y mejoramiento de la calidad del suelo. Aunque los análisis de importancia no revelan divergencias significativas desde el punto de vista estadístico ($p > 0.05$), los resultados dejan en evidencia de forma contundente que el Guano de Isla es el Abono más eficaz para incrementar la humedad en las plantas de espinaca al final del ciclo de cultivo.

Tabla 40

Análisis de varianza para el peso de materia seca en la planta a la madurez fisiológica.

PESO DE MATERIA SECA				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	1488.897	88.775	0.000
Dosis	3	200.151	11.934	0.000
Abono * dosis	6	129.961	7.749	0.000
Error	116	16.772		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) para el peso de materia seca en la planta a la madurez fisiológica revela diferencias altamente significativas entre los tratamientos de abono ($p = 0.000$), así como entre las dosis aplicadas ($p = 0.000$) y su interacción ($p = 0.000$). El factor abono presentó el mayor valor de F (88.775), lo que indica que el tipo de abono influyó de manera considerable en el peso de la materia seca. De igual forma, la dosis aplicada también tuvo un efecto significativo ($F = 11.934$), aunque en menor medida. Además, la interacción entre tipo de abono y dosis (abono*dosis) fue significativa ($F = 7.749$), lo que sugiere que el efecto del abono sobre el peso de la materia seca varía según la dosis utilizada. En conjunto, estos resultados permiten concluir que tanto el tipo de abono como su concentración inciden de forma significativa en la acumulación de materia seca en la espinaca, y que existe una interacción entre ambos factores que debe ser considerada para optimizar el rendimiento agronómico del cultivo.

Tabla 41

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el peso de materia seca en la planta en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	10,906*	0.9216	0.000	8.503	13.308
	Gallinaza	10,250*	0.9157	0.000	7.863	12.637
	Testigo	11,215*	1.4479	0.000	7.441	14.989
Compost	Guano de Isla	-10,906*	0.9216	0.000	-13.308	-8.503
	Gallinaza	-0.656	0.9216	0.892	-3.058	1.747
	Testigo	0.309	1.4516	0.997	-3.475	4.093
Gallinaza	Guano de Isla	-10,250*	0.9157	0.000	-12.637	-7.863
	Compost	0.656	0.9216	0.892	-1.747	3.058
	Testigo	0.965	1.4479	0.909	-2.809	4.739
Testigo	Guano de Isla	-11,215*	1.4479	0.000	-14.989	-7.441
	Compost	-0.309	1.4516	0.997	-4.093	3.475
	Gallinaza	-0.965	1.4479	0.909	-4.739	2.809

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey HSD muestra diferencias estadísticamente significativas en el peso de materia seca en la planta de espinaca entre los distintos tipos de abono aplicados al momento de la madurez fisiológica. El guano de isla evidenció diferencias altamente significativas respecto al compost (diferencia = 10.906; $p = 0.000$), la gallinaza (diferencia = 10.250; $p = 0.000$) y el testigo (diferencia = 11.215; $p = 0.000$), posicionándose como el tratamiento con mayor influencia positiva en la acumulación de materia seca. En contraste, no se encontraron diferencias significativas entre compost, gallinaza y testigo entre sí ($p > 0.05$), lo que sugiere que estos tratamientos generan efectos similares en dicha variable. Estos resultados refuerzan la eficacia del guano de isla como enmienda orgánica superior en términos de incremento de la biomasa seca en espinaca, lo cual puede atribuirse a su mayor disponibilidad de nutrientes esenciales en comparación con los otros abonos evaluados.

Tabla 42

Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el peso de materia seca en la planta según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000kg/ha)	4(4000kg/ha)
Testigo	40	2.060			
Compost	40	2.369			
Gallinaza	40	3.025			
Guano de isla	40		13.275	14.100	20.100
Sig.		0.857	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al analizar el peso de la materia seca de las plantas de espinaca en su etapa de madurez fisiológica y considerando el tipo y cantidad de abono utilizado, se observa una tendencia marcada en la influencia de los distintos tratamientos, aunque no se encontraron disparidades estadísticamente relevantes entre ellos ($p > 0.05$). Se observaron los menores valores de peso seco en los tratamientos con abono orgánico como Compost, Gallinaza y en Testigo (sin fertilización), al aplicar una cantidad de 1000 kg/ha. Las medias fueron de 2.369 g, 3.025 g y 2.060 g, respectivamente. Estos números muestran que hay poca cantidad de biomasa almacenada en la planta al terminar su ciclo de crecimiento. Por otro lado, el Guano de Isla tuvo un impacto notablemente mayor en la producción de biomasa, con cifras de 13.275 g a 2000 kg/ha, 14.100 g a 3000 kg/ha y 20.100 g a 4000 kg/ha. Los resultados indican que este Abono beneficia notablemente la producción de sustancias orgánicas en la planta, posiblemente gracias a su elevada concentración de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes esenciales para el crecimiento de biomasa. Aunque los valores de importancia ($p > 0.05$) sugieren que no hay diferencias estadísticamente relevantes, las medias registradas muestran una tendencia favorable hacia el Guano de Isla, especialmente al aumentar las dosis, confirmando su eficacia como el mejor tratamiento para aumentar la producción de materia seca en espinacas durante la etapa de madurez fisiológica.

Tabla 43

*Análisis de varianza para la **altura de la planta desde el suelo** a la madurez fisiológica.*

ALTURA DE LA PLANTA DESDE EL SUELO				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	2304.489	259.182	0.000
Dosis	3	291.608	32.797	0.000
Abono * dosis	6	79.083	8.894	0.000
Error	116	8.891		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable altura de la planta desde el suelo a la madurez fisiológica evidenció diferencias altamente significativas ($p = 0.000$) en función del tipo de abono, la dosis aplicada y la interacción entre ambos factores. Específicamente, el tipo de abono presentó el mayor efecto sobre la altura, con un valor $F = 259.182$, seguido por la dosis ($F = 32.797$), y finalmente la interacción abono*dosis ($F = 8.894$), todos con significancia estadística al 0.1%. Estos resultados indican que tanto el tipo de Abono como la cantidad aplicada influyen de manera individual y conjunta en el crecimiento en altura de las plantas de espinaca. La magnitud de las medias cuadráticas resalta la importancia del tipo de abono como principal factor determinante, lo que sugiere que una adecuada elección del Abono, en combinación con una dosis óptima, puede potenciar significativamente el desarrollo vertical de la planta.

Tabla 44

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de la planta desde el suelo en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	13,212*	0.6710	0.000	11.463	14.961
	Gallinaza	13,138*	0.6668	0.000	11.399	14.876
	Testigo	13,738*	1.0542	0.000	10.989	16.486
Compost	Guano de Isla	-13,212*	0.6710	0.000	-14.961	-11.463
	Gallinaza	-0.074	0.6710	1.000	-1.823	1.675
	Testigo	0.526	1.0569	0.960	-2.229	3.281
Gallinaza	Guano de Isla	-13,138*	0.6668	0.000	-14.876	-11.399
	Compost	0.074	0.6710	1.000	-1.675	1.823
	Testigo	0.600	1.0542	0.941	-2.148	3.348
Testigo	Guano de Isla	-13,737*	1.0542	0.000	-16.486	-10.989
	Compost	-0.526	1.0569	0.960	-3.281	2.229
	Gallinaza	-0.600	1.0542	0.941	-3.348	2.148

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tras realizar el análisis post hoc de Tukey HSD, se logró detectar variaciones importantes en la altura de las plantas desde el suelo en espinacas al alcanzar la madurez fisiológica, dependiendo del tipo de Abono utilizado. Los resultados muestran que el guano de isla tuvo un impacto notablemente distinto ($p < 0.001$) en comparación con las otras opciones: abono orgánico (diferencia media = 13.212 cm), estiércol de gallina (13.138 cm) y testigo (13.738 cm), con intervalos de confianza que excluyen el valor cero, reafirmando así la importancia de estas disparidades. Por el contrario, no se encontraron disparidades importantes entre compost, estiércol de gallina y testigo, dado que sus niveles de significancia excedieron el límite de 0.05 y los márgenes de confianza al 95% abarcaron el valor cero. Los descubrimientos muestran que el Abono de isla provocó un aumento notable en la estatura de la planta en comparación con otros tipos de abono, convirtiéndose en la opción más eficaz para el crecimiento vertical de la espinaca.

Tabla 45

Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la altura de la planta desde el suelo según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Testigo	10	15.000			
Compost	40	15.526			
Gallinaza	40	15.600			
Guano de isla	40		28.738	30.200	36.200
Sig.		0.905	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los datos obtenidos mediante el análisis de Tukey HSD muestran cómo influyen el tipo y la cantidad de Abono en la altura de las plantas de espinaca desde la base, medida al alcanzar la madurez fisiológica. Aunque los valores de significancia obtenidos ($p > 0.05$) sugieren que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, los promedios observados muestran de manera clara una tendencia en la respuesta del cultivo. Los tratamientos con Testigo, Compost y Gallinaza, aplicados a dosis de 1000 kg/ha, alcanzaron alturas promedio muy similares, entre 15.000 cm y 15.600 cm, lo que refleja un crecimiento limitado bajo estos tratamientos. Esta similitud sugiere una capacidad reducida de estos abonos, a esa dosis, para promover el desarrollo vertical de la espinaca. En cambio, el Guano de Isla evidenció una notable superioridad en cuanto a altura de planta, alcanzando valores promedios que aumentan progresivamente según la dosis: 28.738 cm (2000 kg/ha), 30.200 cm (3000 kg/ha) y 36.200 cm (4000 kg/ha). Esta respuesta creciente sugiere un efecto positivo y dosis-dependiente del Guano de Isla, lo cual puede atribuirse a su alta concentración de nutrientes fácilmente asimilables, especialmente nitrógeno, que promueven el crecimiento vegetativo. Aunque la prueba estadística no respalda la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, la tendencia observada en los promedios indica que el Guano de Isla, a mayores dosis, es el abono más eficaz para incrementar la

altura de la espinaca en madurez fisiológica, superando ampliamente a los demás tratamientos.

Tabla 46

*Análisis de varianza para el **grosor del tallo** a la madurez fisiológica.*

GROSOR DEL TALLO				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	0.789	417.673	0.000
Dosis	3	0.091	47.986	0.000
Abono * dosis	6	0.086	45.412	0.000
Error	116	0.002		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que hay variaciones importantes en el tamaño del tallo de la espinaca al alcanzar la madurez fisiológica dependiendo del Abono utilizado, la cantidad aplicada y la combinación de ambos. Los resultados fueron significativos tanto para el tipo de abono ($F = 417.673$; $p < 0.001$), la cantidad aplicada ($F = 47.986$; $p < 0.001$) y la interacción entre ambos factores ($F = 45.412$; $p < 0.001$). Según estos hallazgos, tanto el tipo como la cantidad de Abono tienen un impacto importante en el crecimiento del diámetro del tallo, y la influencia de la cantidad varía según el tipo de abono utilizado. La escasa variabilidad del error (0.002) también indica una gran exactitud en la medición de este aspecto agronómico.

Tabla 47

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el grosor del tallo en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	,245*	0.0098	0.000	0.220	0.270
	Gallinaza	,243*	0.0097	0.000	0.217	0.268
	Testigo	,245*	0.0154	0.000	0.205	0.285
Compost	Guano de Isla	-,245*	0.0098	0.000	-0.270	-0.220
	Gallinaza	-0.002	0.0098	0.994	-0.028	0.023
	Testigo	0.000	0.0154	1.000	-0.040	0.040
Gallinaza	Guano de Isla	-,242*	0.0097	0.000	-0.268	-0.217
	Compost	0.002	0.0098	0.994	-0.023	0.028
	Testigo	0.002	0.0154	0.998	-0.038	0.043
Testigo	Guano de Isla	-,245*	0.0154	0.000	-0.285	-0.205
	Compost	0.000	0.0154	1.000	-0.040	0.040
	Gallinaza	-0.002	0.0154	0.998	-0.043	0.038

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tras realizar el análisis de comparaciones múltiples con Tukey HSD, se observaron disparidades estadísticamente relevantes en el espesor del tallo de espinaca entre los diversos tratamientos de abono al alcanzar la madurez fisiológica. El abono de isla tuvo un impacto mucho mayor que el compost, la gallinaza y el grupo de control, con diferencias promedio de 0.245, 0.243 y 0.245 respectivamente ($p < 0.001$ en todos los casos). Estos valores indican que las plantas tratadas con guano de isla desarrollaron tallos más gruesos que los demás tratamientos. En cambio, no se observaron divergencias importantes entre el compost, la gallinaza y el grupo de control ($p > 0.05$). Esto indica que estos tratamientos tuvieron un impacto similar en el espesor del tallo. En conjunto, los resultados refuerzan que el uso de guano de isla es significativamente más eficaz para incrementar este parámetro morfológico clave en la espinaca.

Tabla 48

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el **grosor del tallo** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Compost	40	0.100			
Testigo	40	0.100			
Gallinaza	40	0.103			
Guano de isla	40		0.345	0.50	0.51
Sig.		0.997	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La tabla expone los resultados del análisis de Tukey HSD sobre el grosor del tallo de la espinaca en la etapa de madurez fisiológica, considerando los efectos de diferentes tipos de abono y sus respectivas dosis. Los datos muestran que el grosor del tallo fue prácticamente igual entre los tratamientos Compost, Gallinaza y Testigo a una dosis de 1000 kg/ha, con valores muy similares (0.100–0.103 cm), lo que indica un desarrollo estructural limitado en ausencia de un abono altamente enriquecido. En cambio, el Guano de Isla evidenció una respuesta destacada a partir de la dosis de 2000 kg/ha, incrementando notablemente el grosor del tallo: 0.345 cm (2000 kg/ha), 0.50 cm (3000 kg/ha) y 0.51 cm (4000 kg/ha), lo cual representa más del cuádruple del grosor en comparación con el grupo testigo. Este comportamiento sugiere que el Guano de Isla, por su alta riqueza en nutrientes esenciales, favorece significativamente la formación de tejido de sostén. No obstante, los valores de significancia ($p > 0.05$ en todos los casos) indican que las diferencias no son estadísticamente significativas, aunque los resultados descriptivos sí revelan una tendencia positiva asociada al incremento de dosis de Guano de Isla. En resumen, a pesar de no registrarse diferencias significativas según la prueba de Tukey, los valores observados permiten inferir que el Guano de Isla es el tratamiento más efectivo para aumentar el grosor del tallo de la espinaca en madurez fisiológica, destacando especialmente a partir de 3000 kg/ha.

Tabla 49

*Análisis de varianza para la **altura del tallo** a la madurez fisiológica.*

ALTURA DEL TALLO				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	862.480	197.766	0.000
Dosis	3	107.355	24.616	0.000
Abono * dosis	6	26.255	6.020	0.000
Error	116	4.361		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) para la altura del tallo en espinaca a la madurez fisiológica revela diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en función del tipo de abono, la dosis aplicada y la interacción entre ambos factores. El efecto del tipo de abono mostró la mayor variabilidad explicada ($F = 197.766$), seguido por la dosis de aplicación ($F = 24.616$) y la interacción abono*dosis ($F = 6.020$), lo que indica que no solo el abono o la cantidad por separado influyen sobre la altura del tallo, sino también su combinación. Estos resultados sugieren que el crecimiento en altura del tallo está fuertemente condicionado por el tipo de Abono utilizado, siendo este un factor determinante para el desarrollo morfológico de la planta en esta etapa fenológica. La significancia de la interacción abono*dosis resalta la necesidad de seleccionar no solo el tipo de abono, sino también su dosificación adecuada para optimizar este atributo agronómico.

Tabla 50

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura del tallo en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	7,947*	0.4699	0.000	6.722	9.172
	Gallinaza	8,162*	0.4670	0.000	6.945	9.380
	Testigo	8,525*	0.7383	0.000	6.600	10.450
Compost	Guano de Isla	-7,947*	0.4699	0.000	-9.172	-6.722
	Gallinaza	0.216	0.4699	0.968	-1.009	1.441
	Testigo	0.578	0.7402	0.863	-1.351	2.508
Gallinaza	Guano de Isla	-8,162*	0.4670	0.000	-9.380	-6.945
	Compost	-0.216	0.4699	0.968	-1.441	1.009
	Testigo	0.362	0.7383	0.961	-1.562	2.287
Testigo	Guano de Isla	-8,525*	0.7383	0.000	-10.450	-6.600
	Compost	-0.578	0.7402	0.863	-2.508	1.351
	Gallinaza	-0.362	0.7383	0.961	-2.287	1.562

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al realizar el análisis de comparaciones múltiples con la prueba de Tukey HSD para medir la altura de los tallos de espinaca en su etapa de madurez fisiológica, se observan diferencias estadísticamente relevantes ($p < 0.001$) entre el uso de guano de isla y los otros Abonos analizados. En concreto, el guano de isla presentó una altura notablemente superior en contraste con el compost (diferencia de promedios = 7.947), la gallinaza (8.162) y el grupo de control (8.525), lo cual se respalda con intervalos de confianza al 95% que no contemplan el valor cero. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas entre compost, gallinaza y testigo ($p > 0.05$), lo que sugiere que estos tratamientos tuvieron efectos similares en la altura de las plantas. Estos descubrimientos confirman que el abono de isla es más efectivo para estimular el crecimiento vertical de las plantas que los demás abonos orgánicos analizados.

Tabla 51

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la **altura del tallo** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Testigo	40	7.050			
Gallinaza	40	7.413			
Compost	40	7.628			
Guano de isla	40		15.575	17.00	19.60
Sig.		0.786	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La tabla presenta los resultados del análisis post hoc de Tukey HSD correspondiente a la altura del tallo de plantas de espinaca en la etapa de madurez fisiológica, considerando distintos tipos de abono y dosis aplicadas. Los valores obtenidos indican que los tratamientos Testigo, Gallinaza y Compost presentaron alturas promedio del tallo relativamente bajas, oscilando entre 7.050 cm y 7.628 cm con la dosis de 1000 kg/ha, sin mostrar diferencias marcadas entre ellos. Estos resultados sugieren un limitado efecto estructural de estos tratamientos sobre el crecimiento vertical del tallo en dicha dosis. En contraste, el Guano de Isla evidenció una respuesta claramente superior en todas sus dosis aplicadas, con alturas del tallo que se incrementaron progresivamente: 15.575 cm (2000 kg/ha), 17.00 cm (3000 kg/ha) y 19.60 cm (4000 kg/ha). Esto representa más del doble de altura respecto a los demás tratamientos, lo que sugiere una influencia positiva del Guano de Isla sobre la elongación del tallo en la espinaca. Sin embargo, los valores de significancia estadística ($p > 0.05$ en todos los casos) indican que las diferencias observadas entre los tratamientos no son estadísticamente significativas según el criterio de Tukey HSD. A pesar de ello, la tendencia numérica sugiere que el Guano de Isla podría ser el Abono más eficaz para promover el crecimiento del tallo, especialmente a dosis elevadas. En conclusión, aunque no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, el Guano de Isla mostró una

tendencia favorable en la estimulación de la altura del tallo de la espinaca durante su madurez fisiológica, con efectos crecientes según la dosis aplicada.

Tabla 52

Análisis de varianza para el ancho de hoja a la madurez fisiológica.

ANCHO DE HOJA				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	276.353	101.824	0.000
Dosis	3	34.005	12.529	0.000
Abono * dosis	6	15.215	5.606	0.000
Error	115	2.714		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al ancho de hoja en espinaca a la madurez fisiológica revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El efecto del tipo de abono presenta un valor de $F = 101.824$ con un nivel de significancia de $p = 0.000$, lo que indica que los diferentes abonos influyen significativamente en esta variable. De igual manera, la variable dosis muestra un efecto significativo ($F = 12.529$; $p = 0.000$), al igual que la interacción entre abono y dosis ($F = 5.606$; $p = 0.000$). Estos resultados sugieren que tanto el tipo de abono como la cantidad aplicada, así como su interacción conjunta, inciden de manera relevante sobre el ancho foliar en la espinaca, lo que implica que su optimización puede mejorar notablemente este parámetro morfológico en el cultivo.

Tabla 53

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el ancho de hoja en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	4,741*	0.3707	0.000	3.774	5.707
	Gallinaza	4,402*	0.3707	0.000	3.436	5.369
	Testigo	4,312*	0.5825	0.000	2.794	5.831
Compost	Guano de Isla	-4,741*	0.3707	0.000	-5.707	-3.774
	Gallinaza	-0.338	0.3731	0.801	-1.311	0.634
	Testigo	-0.428	0.5839	0.884	-1.951	1.094
Gallinaza	Guano de Isla	-4,402*	0.3707	0.000	-5.369	-3.436
	Compost	0.338	0.3731	0.801	-0.634	1.311
	Testigo	-0.090	0.5839	0.999	-1.612	1.433
Testigo	Guano de Isla	-4,312*	0.5825	0.000	-5.831	-2.794
	Compost	0.428	0.5839	0.884	-1.094	1.951
	Gallinaza	0.090	0.5839	0.999	-1.433	1.612

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de comparaciones múltiples de Tukey HSD para el ancho de hoja en espinaca a la madurez fisiológica muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de abono. El guano de isla presentó un efecto significativamente superior en comparación con compost (diferencia = 4.741; $p = 0.000$), gallinaza (diferencia = 4.402; $p = 0.000$) y testigo (diferencia = 4.312; $p = 0.000$), lo que indica que este abono orgánico promueve un mayor desarrollo foliar en la espinaca. Por el contrario, las diferencias entre compost, gallinaza y testigo no resultaron significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que estos tratamientos generan efectos similares sobre esta variable. En conjunto, los resultados evidencian que el guano de isla se destaca como el tratamiento más eficaz para incrementar el ancho de las hojas, lo cual puede estar relacionado con su mayor aporte de nutrientes disponibles para la planta.

Tabla 54

Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el ancho de hoja según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4 (4000 kg/ha)
Compost	40	4.872			
Gallinaza	40	5.210			
Testigo	40	5.300			
Guano de isla	40		9.613	9.70	11.90
Sig.		0.818	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La tabla muestra los resultados del análisis de Tukey HSD para el ancho de hoja de plantas de espinaca en la etapa de madurez fisiológica, evaluando el efecto de diferentes tipos y dosis de abono orgánico. Los tratamientos con Compost, Gallinaza y Testigo (sin fertilización) presentaron anchos de hoja relativamente bajos y cercanos entre sí, con valores que oscilaron entre 4.872 cm y 5.300 cm a la dosis de 1000 kg/ha. Estas diferencias mínimas sugieren una influencia limitada de estos tratamientos en la expansión foliar bajo la dosis más baja aplicada. En contraste, el tratamiento con Guano de Isla mostró un incremento progresivo y notorio en el ancho de hoja conforme aumentó la dosis aplicada, con valores de 9.613 cm (2000 kg/ha), 9.70 cm (3000 kg/ha) y 11.90 cm (4000 kg/ha). Esta tendencia evidencia un efecto estimulante de este Abono sobre el desarrollo foliar, siendo considerablemente más efectivo que los demás tratamientos en todas las dosis superiores. No obstante, los valores de significancia ($p > 0.05$) indican que las diferencias observadas entre los tratamientos no son estadísticamente significativas según el análisis de Tukey HSD. A pesar de ello, la magnitud de los promedios sugiere que el Guano de Isla podría ser el tratamiento más eficiente para mejorar el ancho de las hojas de espinaca en condiciones de campo, particularmente a mayores concentraciones. En síntesis, aunque las diferencias no fueron significativas desde el punto de vista estadístico, se observó una clara tendencia

favorable del Guano de Isla en el incremento del ancho foliar, lo que podría repercutir positivamente en la capacidad fotosintética y productividad de la planta.

Tabla 55

*Análisis de varianza para la **altura de hoja** a la madurez fisiológica.*

ALTURA DE HOJA				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	348.415	120.404	0.000
Dosis	3	46.800	16.173	0.000
Abono * dosis	6	15.921	5.502	0.000
Error	116	2.894		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de varianza (ANOVA) para la altura de hoja en espinaca a la madurez fisiológica evidencia diferencias estadísticamente significativas atribuibles tanto al tipo de abono ($F = 120.404$; $p = 0.000$) como a la dosis aplicada ($F = 16.173$; $p = 0.000$), así como a la interacción entre ambos factores ($F = 5.502$; $p = 0.000$). Estos resultados indican que la altura de las hojas está significativamente influenciada por el tipo de Abono utilizado, la cantidad aplicada y la combinación específica de ambos factores. En consecuencia, se infiere que una adecuada elección y dosificación del abono puede optimizar el crecimiento foliar en espinaca, siendo necesario identificar las combinaciones más eficientes mediante comparaciones posteriores.

Tabla 56

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la altura de hoja en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	5,265*	0.3828	0.000	4.267	6.263
	Gallinaza	4,975*	0.3804	0.000	3.983	5.967
	Testigo	5,212*	0.6014	0.000	3.645	6.780
Compost	Guano de Isla	-5,265*	0.3828	0.000	-6.263	-4.267
	Gallinaza	-0.290	0.3828	0.873	-1.288	0.708
	Testigo	-0.053	0.6030	1.000	-1.624	1.519
Gallinaza	Guano de Isla	-4,975*	0.3804	0.000	-5.967	-3.983
	Compost	0.290	0.3828	0.873	-0.708	1.288
	Testigo	0.238	0.6014	0.979	-1.330	1.805
Testigo	Guano de Isla	-5,212*	0.6014	0.000	-6.780	-3.645
	Compost	0.053	0.6030	1.000	-1.519	1.624
	Gallinaza	-0.238	0.6014	0.979	-1.805	1.330

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tras realizar el análisis post hoc de Tukey HSD para la altura de las hojas de espinaca en su etapa de madurez fisiológica, se han encontrado disparidades estadísticamente relevantes entre el Abono de isla y las otras variedades de abono examinadas. En concreto, el abono de isla muestra una clara superioridad sobre el compost (diferencia = 5.265; $p = 0.000$), estiércol de gallina (diferencia = 4.975; $p = 0.000$) y el grupo de control (diferencia = 5.212; $p = 0.000$), con intervalos de confianza que no se solapan con cero. En cambio, no se encontraron disparidades importantes entre el compost, la gallinaza y el grupo de control, lo que sugiere que estos tratamientos tuvieron un efecto parecido. Por lo tanto, podemos afirmar que el uso de guano de isla favorece un notable aumento en la altura de las hojas de espinaca en comparación con las otras técnicas empleadas, convirtiéndose en el abono más efectivo en este análisis.

Tabla 57

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la **altura de hoja** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000 kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Compost	40	7.897			
Testigo	40	7.950			
Gallinaza	40	8.188			
Guano de isla	40		13.163	13.200	15.600
Sig.		0.939	1.000	1.000	1.000

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La tabla muestra los resultados del análisis de Tukey HSD aplicado a la altura de hoja de la planta de espinaca en la etapa de madurez fisiológica, diferenciando el efecto de diversos tipos de abono orgánico y sus respectivas dosis. Los tratamientos con Compost, Testigo y Gallinaza presentaron valores bajos y similares en la altura de hoja, con promedios que oscilaron entre 7.897 cm y 8.188 cm a la dosis de 1000 kg/ha. Esto sugiere una respuesta limitada en la elongación foliar de la espinaca ante estos tipos de abono en dosis reducidas. Por el contrario, el tratamiento con Guano de Isla evidenció una mejora sustancial en esta variable. La altura de hoja aumentó progresivamente con las dosis, registrando 13.163 cm a 2000 kg/ha, 13.200 cm a 3000 kg/ha, y alcanzando 15.600 cm a 4000 kg/ha. Esta tendencia indica un efecto positivo del Guano de Isla sobre el crecimiento foliar vertical de la espinaca. Sin embargo, los valores de significancia estadística ($p > 0.05$) indican que, a pesar de las diferencias observadas en los promedios, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según el criterio de Tukey HSD. En conclusión, aunque las diferencias no son significativas desde el punto de vista estadístico, los datos reflejan una tendencia consistente a favor del Guano de Isla, especialmente a mayores dosis, lo que resalta su potencial como enmienda orgánica para promover un mayor desarrollo foliar en espinaca.

Tabla 58

*Análisis de varianza para la **profundidad de raíz** a la madurez fisiológica.*

PROFUNDIDAD DE RAIZ				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	145.466	12.368	0.000
Dosis	3	143.480	12.199	0.000
Abono * dosis	6	14.506	1.233	0.294
Error	116	11.762		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El estudio de la variación en la profundidad de las raíces de la espinaca al alcanzar la madurez fisiológica muestra que tanto el Abono utilizado ($F = 12.368$; $p = 0.000$) como la cantidad aplicada ($F = 12.199$; $p = 0.000$) tienen un impacto estadísticamente relevante en este aspecto. No obstante, la relación entre Abono y cantidad no mostró ser relevante ($F = 1.233$; $p = 0.294$), lo cual sugiere que la influencia de la cantidad en la profundidad de las raíces no está relacionada con el tipo de Abono utilizado. Por lo tanto, podemos decir que, de forma individual, tanto la fertilización como la cantidad tienen un impacto importante en el crecimiento de las raíces de la espinaca, pero no se evidencia una interacción entre ambos elementos en las condiciones de estudio analizadas.

Tabla 59

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para la profundidad de raíz en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	3,853*	0.7718	0.000	1.841	5.865
	Gallinaza	2,305*	0.7669	0.017	0.306	4.304
	Testigo	2.338	1.2125	0.222	-0.823	5.498
Compost	Guano de Isla	-3,853*	0.7718	0.000	-5.865	-1.841
	Gallinaza	-1.548	0.7718	0.192	-3.560	0.464
	Testigo	-1.515	1.2156	0.599	-4.684	1.653
Gallinaza	Guano de Isla	-2,305*	0.7669	0.017	-4.304	-0.306
	Compost	1.548	0.7718	0.192	-0.464	3.560
	Testigo	0.032	1.2125	1.000	-3.128	3.193
Testigo	Guano de Isla	-2.338	1.2125	0.222	-5.498	0.823
	Compost	1.515	1.2156	0.599	-1.653	4.684
	Gallinaza	-0.032	1.2125	1.000	-3.193	3.128

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Al realizar el análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba Tukey HSD para evaluar la profundidad de las raíces de la espinaca en su etapa de madurez fisiológica, se observan disparidades estadísticamente relevantes entre distintos tipos de Abonos. Específicamente, el Abono de isla demostró tener un impacto mucho mayor que el abono orgánico (diferencia de 3.853; $p = 0.000$) y que el estiércol de gallina (diferencia de 2.305; $p = 0.017$), mostrando así su mayor eficacia para promover el crecimiento de las raíces. Sin embargo, no se encontraron divergencias importantes entre el guano de isla y el grupo de control ($p = 0.222$), ni entre los otros conjuntos de tratamientos ($p > 0.05$). Los resultados indican que el uso de guano de isla favorece un desarrollo de raíces más profundo en comparación con otros Abonos naturales analizados, aunque no se observaron diferencias significativas con el grupo de control en las condiciones del experimento.

Tabla 60

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para la **profundidad de raíz** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Compost	40	8.885			
Testigo	40	10.400	10.400		
Gallinaza	40	10.433	10.433		
Guano de isla	40		12.738	13.500	14.800
Sig.		0.427	0.104	0.100	0.101

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La tabla presenta los resultados del análisis estadístico Tukey HSD aplicado a la profundidad de raíz de la espinaca durante la etapa de madurez fisiológica, en función del tipo de abono y la dosis aplicada. Los tratamientos con Compost, Testigo y Gallinaza no mostraron diferencias relevantes entre sí, manteniéndose en un rango estrecho de profundidad que va desde 8.885 cm (Compost, 1000 kg/ha) hasta 10.433 cm (Gallinaza y Testigo a 2000 kg/ha), lo cual indica una influencia limitada de estos abonos sobre el desarrollo del sistema radicular a esas concentraciones. En contraste, el Guano de Isla evidenció un impacto significativamente mayor en la profundidad de las raíces. A medida que se incrementó la dosis de aplicación, se observó un crecimiento constante de esta variable: 12.738 cm (2000 kg/ha), 13.500 cm (3000 kg/ha), y 14.800 cm (4000 kg/ha). Esto sugiere una respuesta positiva y dosis-dependiente del sistema radicular al Guano de Isla, reflejando posiblemente una mayor disponibilidad de nutrientes y mejor estructuración del suelo. Sin embargo, los valores de significancia ($p > 0.05$) en todos los tratamientos indican que las diferencias no son estadísticamente significativas según el test de Tukey HSD, a pesar de las tendencias observadas en los promedios. En resumen, aunque no se detectan diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, los resultados muestran que el Guano de Isla, especialmente en dosis altas, promueve una mayor profundidad de raíz en la espinaca, lo que podría traducirse en una mejor absorción de agua y nutrientes durante el ciclo del cultivo.

Tabla 61

*Análisis de varianza para el **grosor de la raíz** a la madurez fisiológica.*

GROSOR DE LA RAIZ				
Origen	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Abono	2	7.191	108.247	0.000
Dosis	3	1.471	22.143	0.000
Abono * dosis	6	0.295	4.448	0.000
Error	116	0.066		
Total	160			

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Durante el análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre el espesor de la raíz al alcanzar la madurez fisiológica, se observaron impactos estadísticamente relevantes de los elementos analizados. El tipo de Abono tuvo un impacto muy importante en el espesor de las raíces ($F = 108.247$; $p = 0.000$), al igual que la cantidad utilizada ($F = 22.143$; $p = 0.000$). Además, se notó una relación importante entre Abono y cantidad ($F = 4.448$; $p = 0.000$), lo cual sugiere que el espesor de la raíz está influenciado por la mezcla particular de estos dos elementos. Los resultados muestran que tanto el tipo como la cantidad de Abono tienen un impacto distinto en el crecimiento de las raíces de la espinaca. Se requiere un estudio más exhaustivo para determinar qué tratamientos provocan los mayores aumentos en este aspecto.

Tabla 62

Comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de abono para el grosor de la raíz en espinaca a la madurez fisiológica.

(I) ABONO		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Guano de Isla	Compost	,8092*	0.05800	0.000	0.6580	0.9604
	Gallinaza	,6400*	0.05763	0.000	0.4898	0.7902
	Testigo	,5825*	0.09113	0.000	0.3450	0.8200
Compost	Guano de Isla	-,8092*	0.05800	0.000	-0.9604	-0.6580
	Gallinaza	-,1692*	0.05800	0.022	-0.3204	-0.0180
	Testigo	-0.2267	0.09136	0.068	-0.4648	0.0115
Gallinaza	Guano de Isla	-,6400*	0.05763	0.000	-0.7902	-0.4898
	Compost	,1692*	0.05800	0.022	0.0180	0.3204
	Testigo	-0.0575	0.09113	0.922	-0.2950	0.1800
Testigo	Guano de Isla	-,5825*	0.09113	0.000	-0.8200	-0.3450
	Compost	0.2267	0.09136	0.068	-0.0115	0.4648
	Gallinaza	0.0575	0.09113	0.922	-0.1800	0.2950

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis de comparaciones múltiples de Tukey HSD para el grosor de la raíz en espinaca a la madurez fisiológica evidenció diferencias significativas entre los distintos tipos de abono. El guano de isla presentó diferencias altamente significativas frente a los demás tratamientos, mostrando un mayor grosor de raíz en comparación con el compost (diferencia de medias = 0.8092; $p = 0.000$), la gallinaza (0.6400; $p = 0.000$) y el testigo (0.5825; $p = 0.000$). Estas diferencias se encuentran dentro de intervalos de confianza al 95% que no incluyen el valor cero, lo que respalda su significancia estadística. Por otro lado, las comparaciones entre compost, gallinaza y testigo no revelaron diferencias significativas ($p > 0.05$), indicando que estos tratamientos generan efectos similares en el grosor de la raíz. En consecuencia, se concluye que el uso de guano de isla tiene un efecto superior en el desarrollo radicular en términos de grosor, en comparación con los otros tipos de abono evaluados.

Tabla 63

*Subconjuntos homogéneos de Tukey HSD para el **grosor de raíz** según tipo de abono en espinaca en la madurez fisiológica.*

ABONO	N	DOSIS			
		1(1000 kg/ha)	2(2000 kg/ha)	3(3000kg/ha)	4(4000 kg/ha)
Compost	40	0.2833			
Gallinaza	40	0.4525	0.4525		
Testigo	40		0.5100		
Guano de isla	40			1.24	1.51
Sig.		0.125	0.875	0.900	0.920

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey HSD para la variable grosor de raíz indican diferencias visibles en los valores promedios entre los distintos tratamientos aplicados, aunque no estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Se observa que los tratamientos con Compost, Gallinaza y Testigo presentaron los menores valores de grosor, oscilando entre 0.2833 cm (Compost 1000 kg/ha) y 0.5100 cm (Testigo 2000 kg/ha), lo cual refleja un impacto limitado de estos abonos orgánicos sobre el engrosamiento radicular. En contraste, el tratamiento con Guano de Isla mostró un efecto notablemente superior. A medida que se incrementó la dosis, el grosor de raíz aumentó de manera considerable: 1.24 cm (3000 kg/ha) y 1.51 cm (4000 kg/ha). Esta tendencia sugiere una respuesta positiva dosis-dependiente al Guano de Isla, posiblemente atribuida a su alto contenido de nutrientes y a su efecto favorable sobre la estructura del suelo. No obstante, los valores de significancia asociados ($p = 0.125$ a 0.920) indican que las diferencias observadas no alcanzaron el umbral de significancia estadística ($p < 0.05$), por lo que deben interpretarse como tendencias y no como diferencias concluyentes. En suma, si bien no se identificaron diferencias estadísticamente significativas, los resultados sugieren que el Guano de Isla en dosis altas favorece el aumento del grosor de raíz en espinaca durante la madurez fisiológica, siendo potencialmente beneficioso para el desarrollo radicular del cultivo en condiciones agronómicas similares.

Rendimiento agronómico

Hallando el rendimiento agronómico por metro cuadrado

$$160 \text{ plantas} \text{ -----} > 4 \text{ m}^2$$

$$(x) \text{ -----} > 1 \text{ m}^2$$

$$x = 40 \text{ plantas}$$

Tabla 64

Rendimiento agronómico consolidado por metro cuadrado

Rendimiento Agronómico	(Peso húmedo 10 plantas por muestra)			(Peso húmedo 40 plantas por muestra)		
Dosificación	tratamient o guano de Isla (g)	tratamient o guano de Gallinaza (g)	tratamient o guano de Compost (g)	tratamient o guano de Isla (kg)	tratamient o guano de Gallinaza (kg)	tratamient o guano de Compost (kg)
1000 kg/ha	340	117	107	1.360	4.680	4.280
2000 kg/ha	653	165	171	2.612	6.600	6.840
3000 kg/ha	817	252	200	3.268	1.008	8.000
4000 kg/ha	900	301	230	3.600	1.208	9.200

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El análisis comparativo del rendimiento agronómico de la espinaca en función de las distintas dosis de abono orgánico (1000, 2000, 3000 y 4000 kg/ha) muestra una tendencia creciente en la producción conforme se incrementa la cantidad de Abono aplicado. En el tratamiento con guano de isla, se observa un aumento sostenido y notable: desde 340 gr (10 plantas) y 900 g (40 plantas) en la dosis mínima, hasta alcanzar 3600g y 36000 kg respectivamente en la máxima dosis de 4000 kg/ha, lo que evidencia una marcada respuesta positiva de la espinaca a este tipo de fertilización.

En contraste, el guano de gallinaza refleja incrementos más moderados. A 1000 kg/ha se registran 117 g (10 plantas) y 4.680 kg (40 plantas), ascendiendo a 301 g y 1.204 kg en la dosis de 4000 kg/ha. Aunque el comportamiento es ascendente, el rendimiento es considerablemente inferior al del guano de isla, mostrando una menor eficiencia agronómica en las condiciones de estudio.

El compost, por su parte, presenta un patrón menos uniforme. Se inicia con 107 g (10 plantas) y 4.280 kg (40 plantas) en la primera dosis, alcanzando un máximo relativo de 230 g y 9.200 kg en la aplicación de 4000 kg/ha.

En conjunto, los resultados evidencian que el guano de isla es el abono más eficiente, ya que genera incrementos exponenciales en el rendimiento a medida que aumenta la dosis, seguido a distancia por la gallinaza y, en último lugar, por el compost, cuyo efecto es más limitado y hasta decreciente en altas concentraciones. Estos hallazgos confirman que la respuesta de la espinaca varía significativamente según la fuente de abonamiento orgánica empleada, y que la elección del abono y su dosificación resultan determinantes para optimizar la productividad del cultivo.

Hallando el rendimiento agronómico por hectárea

$$\begin{aligned}
 40 \text{ plantas} & \text{-----} > 1 \text{ m}^2 \\
 (x) & \text{-----} > 10\,000 \text{ m}^2 \\
 x & = 400\,000 \text{ plantas por hectárea}
 \end{aligned}$$

Tabla 65

Rendimiento agronómico consolidado por hectárea

Rendimiento agronómico	(Peso húmedo 40 plantas por muestra)			(Peso húmedo 400,000 plantas por hectárea)		
	tratamient o guano de Isla (kg)	tratamient o guano de Gallinaza (kg)	tratamient o guano de Compost (kg)	tratamient o guano de Isla (t)	tratamient o guano de Gallinaza (t)	tratamient o guano de Compost (t)
1000 kg/ha	1.360	4.680	4.280	13.600	4.680	4.280
2000 kg/ha	2.612	6.600	6.840	26.120	6.600	6.840
3000 kg/ha	3.268	1.008	8.000	32.680	10.080	8.000
4000 kg/ha	3.600	1.204	9.200	36.000	12.040	9.200

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El cuadro muestra el rendimiento agronómico de la espinaca en función de la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos, expresado tanto a nivel de muestra de 40 plantas como extrapolado a una población de 400,000 plantas por hectárea. Se evidencia que el guano de isla presenta el comportamiento más destacado, con un incremento progresivo

que va desde 13.600 t/ha en la dosis de 1000 kg/ha, hasta un máximo de 36 t/ha en la dosis de 4000 kg/ha. Este resultado demuestra la alta eficacia del guano de isla como fuente de nutrientes, generando rendimientos que superan ampliamente a los demás tratamientos.

El guano de gallinaza, aunque muestra también una respuesta positiva con el aumento de la dosis, alcanza valores mucho más modestos: desde 4.680 t/ha en la dosis inicial, hasta 12.04 t/ha en la máxima aplicación. A pesar del crecimiento sostenido, sus niveles de producción se mantienen muy por debajo del guano de isla, lo que indica una menor capacidad de aporte de nutrientes disponibles para la espinaca bajo las condiciones de este experimento.

Por su parte, el compost registra rendimientos iniciales de 4.280 t/ha a 1000 kg/ha, incrementándose a 9.200 t/ha en la dosis de 4000 kg/ha. Sin embargo, la respuesta de este abono resulta limitada en comparación con las otras fuentes, mostrando un comportamiento más estable y sin incrementos exponenciales. Este hecho podría atribuirse a la lenta mineralización de la materia orgánica presente en el compost, que restringe la disponibilidad inmediata de nutrientes para la planta.

En términos comparativos, los datos permiten concluir que el guano de isla es el tratamiento más eficiente y productivo, logrando hasta 3.9 veces más rendimiento que el compost en la máxima dosis. La gallinaza se posiciona en un nivel intermedio, con un desempeño aceptable pero significativamente menor al guano de isla. De este modo, los resultados sugieren que, para maximizar la productividad de espinaca en sistemas de cultivo similares, la estrategia más recomendable es la incorporación de guano de isla en dosis altas, siempre evaluando su sostenibilidad económica y ambiental.

6.3. Nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca

Tabla 66

Comparativo de tratamiento a 1000 kg/ha según abono orgánico y testigo por m²

(Peso húmedo 10 plantas por muestra)				(Peso húmedo 40 plantas por muestra)			
tratamiento guano de Isla (g)	tratamiento guano de Gallinaza (g)	tratamiento guano de Compost (g)	Testigo (g)	tratamiento guano de Isla (kg)	tratamiento guano de Gallinaza (kg)	tratamiento guano de Compost (kg)	Testigo (kg)
340	117	107	70	1.360	4.680	4.280	2.800

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La evaluación del rendimiento agronómico de la espinaca bajo la aplicación de 1000 kg/ha de diferentes abonos orgánicos muestra variaciones importantes entre tratamientos. El guano de isla se posiciona como el más eficiente, alcanzando un peso húmedo promedio de 340 g en 10 plantas y 1.360 kg en 40 plantas, valores que reflejan una mejor disponibilidad de nutrientes y un impacto positivo en el crecimiento vegetal.

En contraste, el guano de gallinaza presentó un rendimiento significativamente menor, con 117 g en 10 plantas y 4.680 kg en 40 plantas, lo que evidencia que, a esta dosis, su capacidad de aportar nutrientes no se traduce en un desarrollo comparable al del guano de isla. El compost, por su parte, registró 107 g en 10 plantas y 4.280 kg en 40 plantas, mostrando un comportamiento muy similar al de la gallinaza y ubicándose en el rango de menor eficiencia.

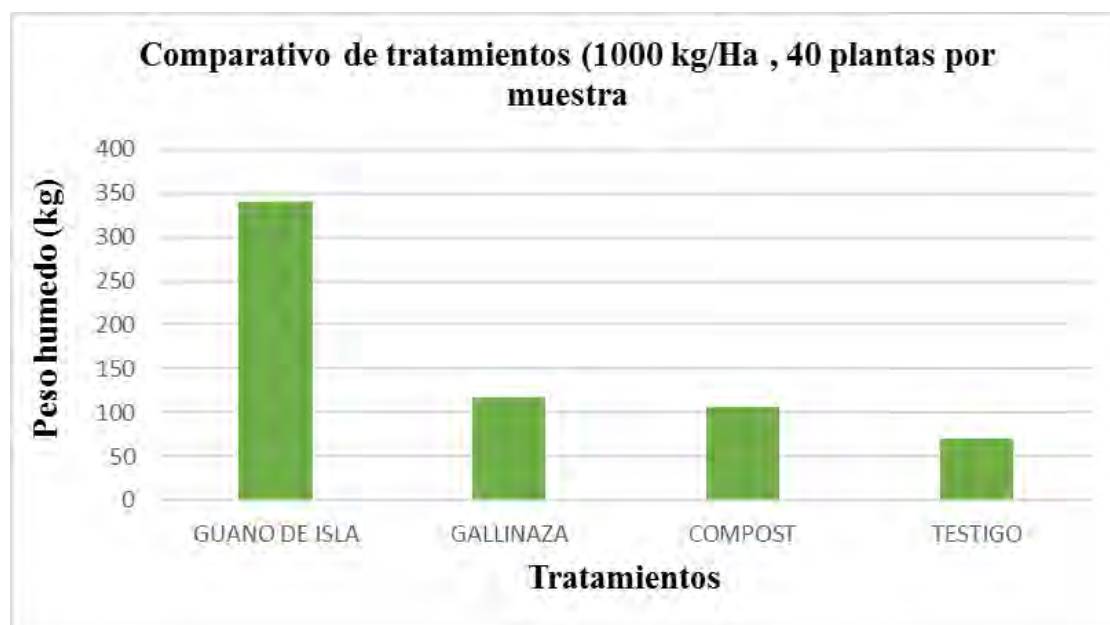
El testigo (sin aplicación de abono orgánico) arrojó valores de 70 g en 10 plantas y 2.800 kg en 40 plantas, lo cual, si bien es superior al rendimiento de compost y gallinaza, se mantiene por debajo del guano de isla. Este resultado sugiere que, en ausencia de abonamiento, el cultivo puede sostener un rendimiento básico debido a la fertilidad natural del suelo, aunque sin alcanzar los niveles óptimos observados con el guano de isla.

En síntesis, los datos indican que, bajo condiciones de 1000 kg/ha, el guano de isla genera un incremento sustancial en el rendimiento de espinaca, mientras que la gallinaza y

el compost no superan el nivel del testigo, lo que evidencia una menor efectividad de estos insumos en bajas dosis.

Figura 4

Comparativo de tratamiento a 1000 kg/ha según abono orgánico y testigo por m²



Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tabla 67

Comparativo de tratamiento a 2000kg/ha según los tratamientos y testigo por m²

(Peso húmedo 10 plantas por muestra)				(Peso húmedo 40 plantas por muestra)			
tratamiento guano de Isla (g)	tratamiento guano de Gallinaza (g)	tratamiento guano de Compost (g)	Testigo (g)	tratamiento guano de Isla (kg)	tratamiento guano de Gallinaza (kg)	tratamiento guano de Compost (kg)	Testigo (kg)
653	165	171	70	2.612	6.600	6.840	2.080

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

El rendimiento agronómico de la espinaca con la aplicación de 2000 kg/ha de abonos orgánicos evidencia un incremento respecto a la dosificación de 1000 kg/ha, destacando nuevamente el efecto favorable del guano de isla. En este tratamiento se obtuvo un peso húmedo de 653 g en 10 plantas y 2.612 gr en 40 plantas, lo que confirma la capacidad del guano de isla para potenciar el desarrollo vegetal en condiciones de mayor disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, el guano de gallinaza alcanzó valores de 165 g en 10 plantas y 660 g en 40 plantas, evidenciando una mejora frente a la dosis menor, pero manteniéndose muy por debajo de los niveles registrados con guano de isla. En el caso del compost, se obtuvo un rendimiento de 171 g en 10 plantas y 684 g en 40 plantas, mostrando un desempeño ligeramente superior al de la gallinaza, aunque aún distante del máximo rendimiento alcanzado con el guano de isla.

El testigo, sin aplicación de abonos, alcanzó 70 g en 10 plantas y 280 g. en 40 plantas.

En síntesis, los resultados muestran que la aplicación de 2000 kg/ha resalta de manera consistente la superioridad del guano de isla, y supera de manera significativa a la gallinaza y al compost. Esto confirma que el tipo de abono empleado tiene un impacto determinante sobre la productividad de la espinaca, siendo el guano de isla la alternativa más eficiente en este nivel de dosificación.

Figura 5

Comparativo de tratamiento a 2000kg/ha según abono orgánico y testigo por m²



Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tabla 68*Comparativo de tratamiento a 3000kg/ha según los tratamientos y testigo por m²*

(Peso húmedo 10 plantas por muestra)				(Peso húmedo 40 plantas por muestra)			
tratamiento guano de Isla (g)	tratamiento guano de Gallinaza (g)	tratamiento guano de Compost (g)	Testigo (g)	tratamiento guano de Isla (kg)	tratamiento guano de Gallinaza (kg)	tratamiento guano de Compost (kg)	Testigo (kg)
817	252	200	70	3.268	1.008	8.000	2.800

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La aplicación de 3000 kg/ha de abonos orgánicos en el cultivo de espinaca revela un incremento notable en el rendimiento, especialmente en el caso del guano de isla. En este tratamiento se alcanzó un peso húmedo de 817 g en 10 plantas y 3.268 kg en 40 plantas, superando ampliamente a los demás tratamientos y evidenciando la marcada respuesta positiva de la espinaca frente a este abono en dosis elevadas.

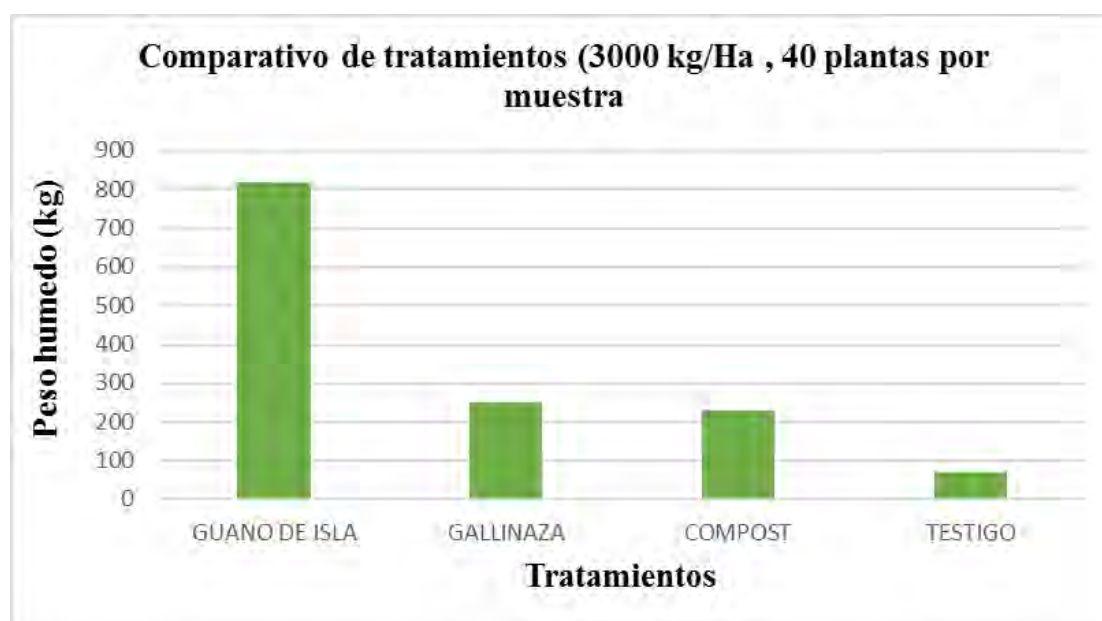
El guano de gallinaza registró 252 g en 10 plantas y 1.008 kg en 40 plantas, lo que representa un crecimiento sostenido respecto a dosis previas, aunque sin alcanzar los niveles del guano de isla. En el caso del compost, los valores fueron de 200 g en 10 plantas y 8.000 kg en 40 plantas, con un rendimiento similar al de la gallinaza, confirmando un efecto favorable pero limitado frente a la superioridad del guano de isla.

El testigo, sin aplicación de abono, mantuvo un peso de 70 g en 10 plantas y 2.800 kg en 40 plantas, lo cual demuestra que, a este nivel de abonamiento, tanto gallinaza como compost logran superar ligeramente al rendimiento basal, aunque sin generar una diferencia marcada.

En síntesis, los resultados ponen de manifiesto que la aplicación de 3000 kg/ha de guano de isla se traduce en el mayor incremento de rendimiento observado hasta este nivel de dosificación. Tanto gallinaza como compost muestran mejoras progresivas, pero su efectividad resulta mucho más limitada en comparación con el guano de isla.

Figura 6

Comparativo de tratamiento a 3000kg/ha según abono orgánico y testigo por m²



Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

Tabla 69

Comparativo de tratamiento a 4000kg/ha según los tratamientos y testigo por m²

(Peso húmedo 10 plantas por muestra)				(Peso húmedo 40 plantas por muestra)			
tratamiento	tratamiento	tratamiento	Testigo	tratamiento	tratamiento	tratamiento	Testigo
guano de	guano de	guano de	(g)	guano de	guano de	guano de	(kg)
Isla (g)	Gallinaza	Compost		Isla (kg)	Gallinaza	Compost	
	(g)	(g)			(kg)	(kg)	
900	301	230	70	3.600	1.204	9.200	2.800

Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

La aplicación de 4000 kg/ha de abonos orgánicos en espinaca muestra un incremento aún más marcado en el rendimiento, consolidando la superioridad del guano de isla frente a los demás tratamientos. Este alcanzó un peso húmedo de 900 g en 10 plantas y 3600 g en 40 plantas, cifras que evidencian un efecto altamente positivo de este Abono, reflejando una respuesta prácticamente exponencial del cultivo en dosis elevadas.

El guano de gallinaza registró valores de 301 g en 10 plantas y 1.204 kg en 40 plantas, lo que confirma una mejora progresiva respecto a las dosis anteriores, aunque en niveles muy inferiores al guano de isla. Por su parte, el compost alcanzó 230 g en 10 plantas y 9200

g en 40 plantas, mostrando un ligero incremento en relación con el testigo, pero sin un impacto notable en comparación con el rendimiento del guano de isla.

En conjunto, los resultados demuestran que la estrategia de aplicar 4000 kg/ha de guano de isla constituye la alternativa más eficiente, generando rendimientos muy superiores a los demás tratamientos y destacándose como la fuente de abono orgánico de mayor efectividad en el cultivo de espinaca.

Figura 7 *Comparativo de tratamiento a 4000kg/ha según los tratamientos y testigo por m²*



Nota. Datos tomados del análisis de cultivo de espinaca

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Análisis del objetivo general

Respecto al propósito general de la investigación, que fue en determinar el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca abonado con abonos orgánicos como guano de islas, compost y gallinaza, los resultados obtenidos evidenciaron una clara superioridad del guano de islas sobre los demás tratamientos. Las plantas tratadas con este abono presentaron mayor altura, número de hojas, diámetro de tallo, y alcanzaron también los valores más altos de biomasa fresca y seca al momento de la cosecha. En contraste, el compost y la gallinaza mostraron mejoras frente al testigo sin abono, pero su efecto fue significativamente menor en todas las variables evaluadas.

Los resultados obtenidos demuestran que el uso de Abonos orgánicos tiene un impacto importante en el comportamiento y productividad de la espinaca. Se evidenció un mejor desempeño en variables como número de hojas, altura de planta, peso fresco, biomasa seca y desarrollo radical, destacando el guano de isla como el abono más eficiente. Con la dosis de 4000 kg/ha, las plantas alcanzaron 16 hojas, 51.1 cm de altura, 900 g de peso fresco por 10 plantas llegando a 36 t/ha de rendimiento, mientras que el testigo apenas registró 9 hojas, 25.4 cm de altura, 70 gr de peso fresco de 10 plantas llegando a 2.8 t/ha. Estos datos corroboran que los abonos orgánicos, particularmente el guano de isla, optimizan de forma holística el crecimiento. morfofisiológico y la productividad de la espinaca en Talavera.

Estos hallazgos son concordantes con los de Javaid et al. (2021), quienes encontraron incrementos de 18 t/ha hasta 42 t/ha en espinaca con estiércol de aves y biochar. En contraste, Amador (2020) indicó que el testigo sin abonamiento logró 34.38 t/ha en Bolivia, cifra superior al testigo en Talavera (22 g/planta $\approx$ 4–5 t/ha), lo que sugiere diferencias edafoclimáticas importantes. De igual manera, los rendimientos alcanzados en Talavera se alinean con los obtenidos por Mateu (2019), con guano de islas en Ayacucho (16–18 t/ha), y

por Salazar (2019), que registró 20 t/ha con estiércol de cuy. Incluso, Janampa (2018) halló resultados similares en Ayacucho con estiércol ovino, logrando 20.8 t/ha, lo que muestra que el efecto de los abonos orgánicos tiende a ser consistente en distintos contextos. Para concluir, los resultados obtenidos por Talavera ratifican la eficacia superior de los abonos orgánicos, sobre todo el guano de isla, para optimizar la producción y el comportamiento agronómico de la espinaca, en concordancia con antecedentes nacionales e internacionales.

7.2. Análisis del objetivo específico 1

El comportamiento agronómico varió de forma significativa entre tratamientos. El guano de isla mostró la mayor capacidad de estimulación del crecimiento: incrementó el número de hojas de 9 a 16, la altura de planta desde la raíz de 25.4 a 51.1 cm, y el grosor de raíz de 0.51 a 1.53 cm. En cambio, el guano de gallinaza alcanzó 13 hojas y 32 cm de altura 301 g en 10 plantas y el compost llegando a pesar 230 g en 10 plantas. El testigo registró los valores más bajos en la mayoría de las variables llegando a pesar 70 g en 10 plantas con un rendimiento de 2.8 t/ha. Estos resultados reflejan que el guano de isla favorece de manera más marcada el desarrollo fisiológico y morfológico de la espinaca.

Asimismo, estos resultados son comparables con los reportados por Maquerrhua (2019), donde el guano de isla en Cusco alcanzó 42.78 cm de altura y 140 g de peso fresco, confirmando que este abono promueve mayor vigor vegetal. Asimismo, Salazar (2019) observó que el estiércol de cuy incrementó el número de hojas hasta 25 y un área foliar de 7.34 dm², valores superiores a los de compost y gallinaza en Talavera. De forma similar, Janampa (2018) reportó 23.6 cm de altura y 12 hojas con estiércol de ovino, resultados inferiores al guano de isla en Talavera, pero cercanos a los obtenidos con gallinaza. En cambio, Chambi et al. (2020) con Bokashi en Bolivia lograron 15.19 cm de altura y 13 hojas, cifras que reflejan un menor desarrollo en comparación con las dosis altas de Talavera

7.3. Análisis de objetivo específico 2

El rendimiento productivo mostró diferencias altamente significativas según el tipo de abono. El guano de isla alcanzó 13.600 t/ha con 1000 kg/ha y se elevó hasta 36 t/ha con 4000 kg/ha, evidenciando un crecimiento casi exponencial. La gallinaza pasó de 4.680 t/ha a 12.040t/ha, mientras que el compost aumentó de 4.280 t/ha a 9.200t/ha en el mismo rango de dosis. El testigo, tuvo un rendimiento de 2.8 t/ha. Esto demuestra que, aunque todos los abonos orgánicos aportan mejoras, el guano de isla es el único capaz de superar ampliamente al testigo y garantizar un incremento sostenido del rendimiento.

Estos valores se acercan a lo señalado por Javaid et al. (2021), con aumentos hasta 42 t/ha, y por Balkrishna et al. (2025), evidencian que la aplicación de fertilizantes orgánicos produjo incrementos significativos en el rendimiento de hojas de espinaca, especialmente a los 60 días después de la siembra. En dicho estudio, los tratamientos orgánicos Jaivik Poshak y Jaivik Prom alcanzaron rendimientos superiores a 13 kg por parcela, superando ampliamente al tratamiento control y demostrando una respuesta positiva del cultivo a la fertilización orgánica sostenida en el tiempo. Este incremento fue atribuido a una mayor eficiencia fisiológica, reflejada en el aumento del área foliar, contenido de clorofila y eficiencia agronómica del uso de nutrientes. Asimismo, Mateu (2019) reportó entre 16–18 t/ha con guano de islas en Ayacucho, lo que coincide con las dosis intermedias en Talavera (2000–3000 kg/ha $\approx$ 18–25 t/ha). Por otro lado, Amador (2020) indicó que el testigo en Bolivia alcanzó 34.38 t/ha, superando ampliamente al testigo en Talavera (4–5 t/ha), lo que refleja condiciones edafoclimáticas mucho más favorables en el altiplano boliviano. En contraste, Salazar (2019) y Janampa (2018) reportaron rendimientos de 20 t/ha y 20.8 t/ha, respectivamente, cercanos a los obtenidos con compost y gallinaza en Talavera

7.4. Análisis del objetivo específico 3

El nivel de abono más eficiente fue la aplicación de 4000 kg/ha de guano de isla, que alcanzó los mayores valores en todas las variables: 16 hojas, 51.1 cm de altura, 900 g en 10 plantas de peso fresco, 22.4 g de materia seca y 36 t/ha de rendimiento extrapolado. En contraste, la gallinaza y el compost, aunque mostraron ligeras mejoras en el desarrollo vegetativo, se concluye que la estrategia más recomendable para optimizar la producción de espinaca en Talavera es el uso de guano de isla en dosis de 4000 kg/ha, por su capacidad de maximizar tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento total por hectárea.

Estos hallazgos coinciden con Mateu (2019), quien demostró que dosis crecientes de guano de isla en Ayacucho aumentaron el rendimiento hasta 18.4 t/ha, aunque sin superar los valores alcanzados en Talavera. Asimismo, Javaid et al. (2021) corroboraron que dosis altas de estiércol de aves y biochar duplicaron la biomasa aérea, alcanzando 42 t/ha, lo cual guarda relación directa con los valores de este estudio. En contraste, Janampa (2018) señaló que el nivel óptimo de estiércol ovino fue 4 t/ha, logrando 20.8 t/ha, mientras que en Talavera el guano de isla a igual proporción superó este rendimiento en casi el doble. Por lo tanto, el análisis confirma que la dosis más eficaz de guano de isla es 4000 kg/ha en las condiciones agroecológicas de Talavera, superando ampliamente al compost y a la gallinaza, y posicionándose como el tratamiento de mayor impacto productivo.

VIII. CONCLUSIONES

Respecto al **objetivo general**, se concluye que el tipo de abono orgánico influye de manera importante en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca. El uso de abonos orgánicos mejora significativamente las variables de crecimiento y producción en comparación con el testigo sin fertilización, lo que demuestra su potencial como alternativa sostenible para el cultivo de espinaca en Talavera–Andahuaylas.

En relación con el **objetivo específico 1**, se concluye que el guano de isla genera el mejor comportamiento agronómico de la espinaca. En la dosis de 4000 kg/ha alcanzó 51,1 cm de altura, 16 hojas por planta, 1,53 cm de grosor de raíz y 22,4 g de materia seca, superando a la gallinaza, al compost y al testigo, cuyos valores morfológicos fueron considerablemente menores.

En cumplimiento del **objetivo específico 2**, se determinó que el rendimiento agronómico por hectárea aumenta conforme se incrementa la dosis de abono orgánico, siendo el guano de isla el tratamiento con mayor efecto productivo. Este Abono pasó de 13.600 t/ha con 1000 kg/ha a 36 t/ha con 4000 kg/ha, mientras que la gallinaza y el compost no superaron 12.040 t/ha y 9.200 t/ha, respectivamente, y el testigo se mantuvo en 2.8 t/ha.

Finalmente, en relación con el **objetivo específico 3**, se concluye que el nivel de abono orgánico más eficiente es el guano de isla en la dosis de 4000 kg/ha, ya que obtuvo los valores más altos en todas las variables agronómicas evaluadas (altura, número de hojas, peso fresco y seco y rendimiento por hectárea), mostrando una diferencia marcada frente a los demás tratamientos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda fomentar el empleo de abonos orgánicos para cultivar espinaca en Talavera y en otras zonas con condiciones similares, ya que demostraron efectos positivos y significativos en el crecimiento y el rendimiento del cultivo, además de favorecer prácticas agrícolas sostenibles.

Se recomienda aplicar guano de isla, ya que mostró los mejores resultados en variables agronómicas como el grosor de la raíz, la altura de la planta, el número de hojas y el peso de biomasa seca., garantizando un desarrollo morfofisiológico superior respecto a compost y gallinaza.

Se recomienda incorporar el guano de isla en los planes de abonamiento orgánica de los productores, dado que permitió obtener rendimientos de hasta 36 t/ha, superando ampliamente a otros tratamientos. Asimismo, se aconseja capacitar a los agricultores en la dosificación y manejo adecuado del abono para optimizar sus beneficios.

Se recomienda aplicar una dosis de 4000 kg/ha de guano de isla, identificada como la más eficiente para maximizar tanto el rendimiento como el comportamiento agronómico de la espinaca. Sin embargo, se sugiere complementar estos resultados con estudios de rentabilidad económica y sostenibilidad, de manera que su uso sea viable para pequeños y medianos productores.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeyemo, A. J., Akingbola, O. O., & Ojeniyi, S. O. (2019). Effects of poultry manure on soil infiltration, organic matter contents and maize performance on two contrasting degraded alfisols in southwestern Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 73-80.
- Aguinaga, A., Medina, K., Garruña, R., Latournerie, L., & Ruiz, E. (octubre de 2020). Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). *Acta universitaria*, 30.
- Altamirano, M., & Cabrera, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 9(17), 75-84.
- Amador, A. C. (2020). *Comportamiento agronómico de la espinaca (Spinacia oleracea L.), con diferentes niveles de estiercol de ovino en ambientes atemperados, en el municipio de Patacamaya*. Informe de investigación, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. (2009). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 175-187.
- Arce, O., Campos, R., & Brenes, L. (2020). Eevaluación del manejo y disposición final de la gallinaza de reproductora pesada usada como abono orgánico en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(1), 165-177. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5030>.
- Arzapalo Valenzuela, K. R., Gonzales Pérez, E., Lonazco Cavalcanti, V. D., & Torres Vislao, R. M. (2020). Estudio de prefactibilidad de crema dulce de espinaca [Trabajo de investigación para optar el grado de Bachiller]. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Arrieta, Y. C., & Arpi, R. (2021). Efecto del cambio climático sobre el rendimiento de los principales productos agrícolas en la región Puno: Periodo 1964-2019. *Semestre Económico*, 10(2), 59-71.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Babu, A., Kumar, B., Pratap, U., Kumar, R., & Meena, R. (diciembre de 2021). Use of poultry manure as organic fertilizer in different crops. *The Agroculture Magazine*, 1(1).
- Bayas, L., & García, D. (2022). Alternativa sustentable (Takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 16(2).
- Bantis, F., Kaponas, C., Charalambous, C., & Koukounaras, A. (2021). Strategic successive harvesting of rocket and spinach baby leaves enhanced their quality and production efficiency. *Agriculture*, 11(5), 465. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050465>.
- Beingolea, K. M. (2021). *Eficiencia del método Takakura y Bocashi en el compostaje de residuos orgánicos de restaurantes en la urbanización Enace Ayacucho, 2021*. Informe de investigación, Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Beltrán, F. A., Nieto, A., Murillo, J. S., Ruiz, F. H., Troyo, E., Alcalá, J. A., & Murillo, B. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 371-378. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso de compostaje* (Vol. 1). Bogotá, Colombia: Universidad La Salle. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>
- Bolo, J. D., Reynoso, A., Cosme, R. C., & Arone, G. (2020). La aplicación combinada de abonos orgánicos mejora las propiedades físicas del suelo asociado al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 401-408. doi:10.17268/sci.agropecu.2020.03.12
- Butu, M., & Rodino, S. (2019). Fruit and vegetable-based beverages-nutritional properties and health benefits. *Natural Beverages*, 13, 303-338.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Espinaca*.
- Campos, R., Brenes, L. P., & Jiménez, M. F. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29, 25-32. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>.

- Campbell, J., & Yu, P. (2025, June 20). Hurricane and storm damage to greenhouses and greenhouse crops (Circular 1353). University of Georgia Extension.
- Cañar, Y. J. (2021). *Comportamiento agronómico del cultivo de acelga cultivar Fordhook Giant, con diferentes fertilizantes orgánicos en la granja eperimental Santa Inés*. Informe de investigación, Universidad Tecnológica de Machala, Machala.
- Carvalho, A. M., & Casas, L. E. (julio-agosto de 2022). Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos en el medio rural. *Ciencia Latina*, 6(4).
- Casas, S. G. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de Producción Animal*, 32(3).
- Center for Agriculture, Food and the Environment–UMass Extension Vegetable Program. (2013, January 14). Spinach.
- Chambi, F. R., Blanco, W., & Mena, F. C. (2020). Comportamiento agronómico de la espinaca morada (*Atriplex hortensis* L.) con diferentes niveles de Bokashi bajo condiciones de ambiente protegido en la ciudad de El Alto. *Apthapi*, 6(2), 1926-1934. Obtenido de <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/61/57>.
- Chun, C., Watanabe, A., Kim, H.-H., Kozai, T., & Fuse, J. (2000). Bolting and growth of *Spinacia oleracea* L. can be altered by modifying the photoperiod during transplant production. *HortScience*, 35(4), 624–626.
- Cosme, R. C., Reynoso, A. F., & Sanabria, S. (2020). Efecto del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) en suelo degradado. *Agroindustrial Science*, 10(2), 191-198. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.02.10>.
- Das, A., et al. (2019). Performance of spinach under different manure/compost management. [PDF]
- Delgado, M. D., Mendoza, K. L., Gonzáles, M. I., Tadeo, J. L., & Martín, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4). doi:<https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Delgado, M. D., Mendoza, K. L., Gonzáles, M. I., Tadeo, J. L., & Martín, J. V. (2020). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos.

- Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4). Obtenido de <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Dewilda, Y., Silvia, S., Riantika, M., & Zulkarnaini. (2021). Food Waste Composting with The Addition Of Cow Rumen Using The Takakura Method and Identification of Bacteria that Role in Composting. *Ciencia e ingeniería de materiales*, 1041(1).
- Drost, D. (2020, April). How to grow spinach in your garden. Utah State University Extension.
- Efecto de tres niveles de guano de las islas en el rendimiento de *Solanum tuberosum* L. Var. huevo de indio. (2015). *Sciendo*, 18(1), 52-61. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1329>
- ENZA ZADEN. (14 de 12 de 2025). *ENZA ZADEN*.
- Espinoza, J. L., Palacios, E., Tijerina, L., Ortiz, C. A., Exebio, A., & Landeros, C. (2018). Factores que afectan la producción agrícola bajo riego: cómo medirlos y estudiar su efecto. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(2), 175-191.
- Gabriel, J., & Ancasi, G. (2012). Resistencia genética de híbridos de papa (*Solanum tuberosum* L.) al estrés hídrico por sequía. *Revista Latinoamericana de la papa*, 17(1), 97-124.
- Garro, J. E. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. Informe de investigación, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- Guillerhwa, G. (2018). *Producción de quinua en la cooperativa Tierra Andina, Andahuaylas, Apurímac 2018*. Informe de investigación, Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac.
- GBIF Secretariat. (s. f.). *Spinacia oleracea* L. (species page). GBIF. <https://www.gbif.org/species/144100378>.
- Half Your Plate. (s. f.). All about spinach! Half Your Plate. Recuperado el 19 de enero de 2026, de <https://www.halfyourplate.ca/blog/all-about-spinach/>
- Hibino, K., Takakura, K., Budi, S., Nakano, B., Ismaria, R., Haryati, T., . . . Akagi, J. (2023). Performance of takakura composting method in the decentralised composting centre and its comparative study on environmental and economic impacts in Bandung city, Indonesia. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 12(1), 1-23.

- Honobe, Y. (2013). *El método Takakura, herramienta de responsabilidad ambiental*. Manual informativo, Fondo para la Protección del Agua - FONAG, Quito.
- Hodges, L., & Brandle, J. R. (2006, September 7). Windbreaks for fruit and vegetable crops (EC1779). University of Nebraska–Lincoln Extension.
- Hort Innovation. (s. f.). Damping off in spinach (Factsheet)
- Huampan, F. D. (2022). Dosis óptima de guano de isla en el comportamiento agronómico del cultivo *Brassica oleracea* L. Var. *itálica*. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(1), 42-48. doi:<https://doi.org/10.25127/ucni.v5i1.888>
- Isaza, C., Aleman-Trejo, A. M., Ramirez-Gutierrez, C. F., Zavala de Paz, J. P., Rizzo-Sierra, J. A., & Anaya, K. (2025). Spinach (*Spinacia oleracea* L.) growth model in indoor controlled environment using Agriculture 4.0. *Sensors*, 25(6), 1684. <https://doi.org/10.3390/s25061684>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Compendio estadístico Perú 2020 (Cap. 13: Agrario; Tabla 13.18: Producción de hortalizas, según departamento, 2019). INEI.
- Janampa, M. (2018). *Niveles de estiércol de ovino y formas de siembra en el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea L.)*. Arizona- 3200 msnm, Ayacucho. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3272/1/TESIS%20AG1179_Jan.pdf
- Japan International Cooperation Agency. (s. f.). Takakura composting method. JICA. Recuperado el 19 de enero de 2026, de https://www.jica.go.jp/english/activities/issues/env_manage/study_takakura.html.
- Jaulis, J. C., Martínez, A., Juscamaita, J., Adama, E. R., & Adama, J. V. (diciembre de 2020). Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (*Coffea arabica*) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. *Anales Científicos*, 81(2), 336-346. doi:<https://orcid.org/0000-0002-6553-2513>
- Javaid, H., Gul, S., Rehman, A. U., Shaheen, U., Bano, G., Khan, N., & Samiullah. (2021). Poultry Manure as an Organic Fertilizer with or without Biochar Amendment: Influence on Growth and Heavy Metal Accumulation in Lettuce and Spinach and Soil Nutrients. *Phyton*, 90(2).

- Jiménez, J., Calleja, C., & Romero, L. G. (2018). Food Waste Recovery with Takakura Portable Compost Boxes in Offices and Working Places. *Resources*, 7(4).
- Jiménez, J., rias, L. A., Espinoza, L., Fuentes, L. S., Garzón, C., Gil, R., . . . Rodriguez, M. (2010). *El cultivo de la espinaca (Spinacia oleracea L.) y su manejo fitosanitario en Colombia*. Informe de investigación, Universidad de Bogotá.
- Kamenev, r. a., Solodovniko, A. P., Letuchiy, A. V., Gudova, L. A., & Lekarev, A. V. (junio de 2022). Efficiency of application of compost of liquid poultry manure under sunflower in southern chernozem. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1045(1).
- Kehr, E., Tropa, S., & Martínez, J. (2014). Aspectos generales para el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Informativo INIA Remehue*(147).
- Koike, S. T., Cahn, M., Cantwell, M., Fennimore, S., Lestrangle, M., Natwick, E., Smith, R. F., & Takele, E. (2011). Spinach production in California (Publication 7212). University of California Agriculture and Natural Resources. <https://doi.org/10.3733/ucanr.7212>
- Kurniawan, T. (2014). The Global Environment & Japanese innovation: Takakura Home Compositing (THC) in Surabaya (Indonesia). *Japan Spotlight*(5), 42-45.
- Maquerrhua, L. M. (2019). *Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.) bajo condiciones de fitotoldo en K'ayra-Cusco*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4409/253T20190421_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mateu, W. A. (2019). *Guano de islas y microorganismos eficaces – ME en la precocidad y rendimiento del cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.). Canaán, 2750 msnm. – Ayacucho en el periodo octubre - noviembre de 2018*. Tesis de posgrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huanuco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6733>.
- Machado, R. M. A., Alves-Pereira, I., Lourenço, D., & Ferreira, R. M. A. (2020). Effect of organic compost and inorganic nitrogen fertigation on spinach growth, phytochemical accumulation and antioxidant activity. *Heliyon*, 6(9), e05085. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05085>.

- Matías-Pérez, D., Varapizuela-Sánchez, C. F., Pérez-Campos, E. L., González-González, S., Sánchez-Medina, M. A., & García-Montalvo, I. A. (2024). Dietary sources of antioxidants and oxidative stress in age-related macular degeneration. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1442548. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1442548>
- Méndez, P. C. (2019). *Evaluación de microorganismos de montaña MM como aceleradores de compostaje para la producción de cultivos aromáticos*. Informe de investigación, Universidad La Salle, Bogotá.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2022). Marco orientador de cultivos: Campaña agrícola 2022/2023. Lima: Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos.
- (MIDAGRI). (2022). *Marco orientador de cultivos: Campaña agrícola 2022/2023*. Lima: Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos.
- Missouri Botanical Garden. (s. f.). *Spinacia oleracea* (Plant Finder). Missouri Botanical Garden.
- Montealegre, F., Rojas, J., & Jaimes, Y. (2021). Factores agronómicos y socioeconómicos que inciden en el rendimiento productivo del cultivo de cacao. Un estudio de caso en Colombia. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(2), 59-73.
- Mou, B. (2008). Leafminer resistance in spinach. *HortScience*, 43(6).
- Murcia, M. A., Jiménez, A. M., Gonzáles, J., & Martínez, M. (2020). Espinacas. En A. K. Jaiswal, *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of fruit and vegetables* (págs. 181-195).
- Naz et al., (2022). Silicon fertilization counteracts salinity-induced damages in spinach. [Artículo en PMC].
- Ning, L., Xu, X., Zhang, Y., Zhao, S., Qiu, S., Ding, W., . . . He, P. (2022). Effects of chicken manure substitution for mineral nitrogen fertilizer on crop yield and soil fertility in a reduced nitrogen input regime of North-Central China. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Niu, J., Feng, J., Liu, S., Jia, S., & Fengcui, F. (2023). Un método sencillo para programar el riego por goteo de espinacas (*Spinacia oleracea* L.) en un invernadero de plástico en la llanura del

- norte de VChina utilizando una bandeja estándar de 20 cm fuera del invernadero. *Horticulturae*, 9(6).
- Paz, R. A., & Valencia, L. A. (2014). *Estudio de factibilidad para el lanzamiento comercial de espinaca en polvo con potencialidad de exportación a EE.UU, 2014"*. Informe de investigación, Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- Pérez, S. B., Morón, N., Cervantes, M., & Barón, M. A. (julio-diciembre de 2017). Evaluación del potencial antioxidante en un extracto de espinaca mediante voltamperometría cíclica. 30(2).
- Perzabal, E., Sandoval, E., Díaz, R., Huerta, A., Figueroa, R., & Bahena, F. (2018). Respuesta de espinaca y de *Spodoptera exigua* a fertilización orgánica y mineral. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(4).
- People in Need. (s. f.). Handbook for practical agriculture.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (30 de marzo de 2023). *www.undp.org*.
Obtenido de <https://www.undp.org/es/latin-america/historias/el-compostaje-una-practica-que-valoriza-nuestros-desechos>
- Rahmad, K. A., La Nafie, N., & Jayadi, M. (2018). Synthesis of liquid organic fertilizer based on chicken manure using biosca and fungus bioactivator *Trichoderma harzianum*. *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*, 11(2), 28-41.
- Ramos, D., & Terry, C. E. (octubre-diciembre de 2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr07414.pdf>
- Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M. D., Zambrano, D., & Vásquez, V. F. (octubre-diciembre de 2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4).
- Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M. D., Zambrano, D., & Vásquez, V. F. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4).

- Riaño, E. R., Caicedo, L., Torres, A., Hurtado, H., & Gómez, E. (2019). Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinacam baby (*Spinacia oleracea* L.), para su futura aplicación en acuaponia. *Orinoquia*, 23(1), 73-84.
- Ribera, A., Treuren, R. V., Kik, C., Bai, Y., & Wolters, A. M. (2020). On the origin and dispersal of cultivate spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68, 1023-1032.
- Rogers, G., Titley, M., Giggins, B., Bauers, B., Jobling, J., McAuliffe, T., & Le Budd, J. (2008). Optimising crop management and postharvest handling for baby leaf salad vegetables (Project No. VG05068). Horticulture Australia Ltd; Applied Horticultural Research Pty Ltd.
- Rocha, R. G., Herrera, B. E., Velasco, J., Salazar, V. M., Delgado, A., & Mendoza, M. C. (marzo de 2018). Determinación preliminar de componentes de rendimiento para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México. *Agro Productividad*, 11(3), 9-14.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Saavedra, S. S. (2019). *CULTIVO DE ESPINACA*. LIMA.
- Salazar, J. (2019). *Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos y aplicación de microelementos al follaje en el cultivo de espinaca variedad rushmore (spinacia oleracea) en el invernadero de la ciudad universitaria–Huaraz–Ancash*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo., Huaraz. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3495>
- Senapati, N., & Semenov, M. A. (marzo de 2020). Large genetic yield potential and genetic yield gap estimated for wheat in Europe. *Global Food Security*, 24.
- Sifuentes, Á., Zavalaga, C. B., & Lozano, S. (2020). A geostatistical method in GIS to estimate the amount of seabird guano accumulated on islands and headlands of Perú. *Ecología Austral*, 30(3), 472-483.

- Siddiqui, H. J., Gul, S., Kakar, A.-u.-R., Shaheen, U., Rehman, G. B., Khan, N., & Samiullah. (2021). Poultry manure as an organic fertilizer with or without biochar amendment: Influence on growth and heavy metal accumulation in lettuce and spinach and soil nutrients. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 90(2), 651–676. <https://doi.org/10.32604/phyton.2021.011413>
- Sifuentes, Á., Zavalaga, C. B., & Lozano, S. (2020). A geostatistical method in GIS to estimate the amount of seabird guano accumulated on islands and headlands of Perú. *Ecología Austral*, 30(3), 472-483. Obtenido de https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1108/778
- Subedi, S., & Dhakal, D. (2015). Economics of poultry manure an alternative to chemical fertilizar for agricultural production in Nepal. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 259-268.
- Taiz, C., Sawada, Y., Masuda, J., Daimon, H., & Fukao, Y. (2020). Cultivo de espinacas en épocas cálidas mediante un sistema de control de temperatura basado en micronebulizaciones. *Scientia Horticulturae*, 273.
- Thepsilvisut, O., Chutimanukul, P., Sae-T., S., & Ehara, H. (2022). Effect of chicken manure and chemical fertilizer on the yield and qualities of white mugwort at dissimilar harvesting times. *Plos one*, 17(4).
- Uçgun, K., Ferreira, J. F., Liu, X., Da Silva, J. B., Suarez, D. L., De Lacerda, C. F., & Sandhu, D. (diciembre de 2020). Germinación y crecimiento de espinacas bajo deficiencia de potasio y riego con agua de alta salinidad. *Plants*, 9(12).
- UC Cooperative Extension–Agricultural Issues Center. (2015). Organic spinach costs & returns study: Central Coast (Costs & Returns Study).
- Umaña, S. (2017). *Ingeniería ecológica: efecto del uso de microorganismos de ontaña sobre el suelo con base en dos cultivos agrícolas*. Informe de investigación, Universidad de Costa Rica.
- Utah State University Extension. (s. f.). How to grow spinach in your garden. Recuperado el 19 de enero de 2026.

- Utah State University Extension. (s. f.). Leaf spots (Leafy greens): Management—remove crop debris to minimize inoculum
- University of Massachusetts Extension Vegetable Program. (2018, August 23). Cercospora leaf spot of Swiss chard, beets, and spinach.
- University of California Agriculture and Natural Resources. (s. f.). Postharvest handling of fruits and vegetables (Publication).
- University of Massachusetts Amherst. (2013, January 14). Spinach (Fact sheet). <https://www.umass.edu/agriculture-food-environment/vegetable/fact-sheets/spinach>.
- Valenzuela, H. (2016). *Evaluación de efecto de abonos orgánicos en el cultivo de espinaca (Spinacea oleracea), variedades Viroflay, Dash en invernadero del centro de investigación y producción Santo Tomas-Abancay*. Informe de investigación, Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac.
- Vargas, O. I., Trujillo, J. M., & Torres, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. 23(2), 123-129. doi:<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v23n2/0121-3709-rori-23-02-123.pdf>
- Vasquez, N. W., & Jacobo, S. S. (2020). El guano de isla y su efecto en el rendimiento de la col (Brassica oleracea L) variedad lombarda (Capitata f. rubra) en Colicacha Huanuco. *Revista Investigación Agraria*, 2(1), 33-38. doi:<https://orcid.org/0000-0002-5984-1766>
- Vega, A. D., Cervantez, A., Prado, E., & Luna, Á. E. (2021). Análisis del mercado para la comercialización de abono orgánico a partir de heces fecales en el cantón Machala. *Dominio de las Ciencias*, 7(5), 637-657.
- Zvalo, V., & Respondek, A. (2008). Spinach: Vegetable crops production guide for Nova Scotia (Published April 2008). AgraPoint

ANEXOS

Anexo 1: matriz de consistencia

TÍTULO: EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN EL COMPORTAMIENTO Y RENDIMIENTO AGRONÓMICO DE LA ESPINACA (<i>Spinacia oleracea</i> L) EN EL DISTRITO DE TALAVERA-ANDAHUAYLAS, 2024”						
Planteamiento del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Abonos orgánicos			Tipo Aplicada Diseño Experimental Población 2560 plantas Muestra 160 plantas Unidad de análisis Plantas de espinaca Análisis estadístico Anova
¿Cuál es el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024?	Evaluar el efecto de los abonos orgánicos en el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024	El efecto de los abonos orgánicos mejora el comportamiento y rendimiento agronómico de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024.		Guano de islas	Dosificación	
				Compost		
				Gallinaza	Composición química	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensiones	Indicadores	
1. ¿Cómo es el comportamiento agronómico de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera Andahuaylas, 2024? 2. ¿Cuál es el rendimiento de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024? 3. ¿Cuál es el nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca en el distrito de Talavera Andahuaylas, 2024 ?	1.Determinar el comportamiento agronómico de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024. 2.Evaluar el rendimiento de la espinaca con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024 3. Determinar el nivel de abono orgánico más eficiente en la producción de la espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024	1.El comportamiento agronómico de la espinaca mejora con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024. 2. El rendimiento agronómico de la espinaca mejora con la aplicación de abonos orgánicos en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024 3.El nivel óptimo de abono orgánico es altamente eficiente en la producción de espinaca en el distrito de Talavera-Andahuaylas, 2024	Características agronómicas	Rasgos fenotípicos de la planta	-Número de hojas -Altura de planta desde la raíz -Peso de planta fresca (g) -Cantidad de agua en la planta -Peso de materia seca -Altura de planta desde el suelo -Grosor del tallo (cm) -Altura de tallo -Ancho de hoja -Altura de hoja -Profundidad de raíz -Grosor de raíz.	
			Variables	Dimensiones	Indicadores	
			Rendimiento	Producto o utilidad que rinde la planta	Rendimiento por m ² Rendimiento por hectárea	

Anexo 2: Ficha técnica del guano de isla

RIQUEZA EN NUTRIENTES DEL GUANO DE LAS ISLAS

ELEMENTO	FÓRMULA/SÍMBOLO	CONCENTRACIÓN
Nitrógeno	N	10-14%
Fósforo	P ₂ O ₅	10-12%
Potasio	K ₂ O	2-3%
Calcio	CaO	10%
Magnesio	MgO	0.80%
Azufre	S	1.50%
Hierro	Fe	600 ppm
Zinc	Zn	170 ppm
Cobre	Cu	20 ppm
Manganeso	Mn	48 ppm
Boro	B	187 ppm
Molibdeno	Mo	76 ppm

DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

- Del Nitrógeno total, en promedio el 35% se encuentra en forma disponible (33% es amoniacal y 2% en forma nitrítica) y el 65% en forma orgánica.
- Del Fósforo total, el 56% es soluble en agua (disponible) y el 44% se encuentra en forma orgánica.

FORMAS DEL NITRÓGENO Y FÓSFORO DEL GUANO DE LAS ISLAS

NITRÓGENO	%	FÓSFORO	%
Orgánico	65%	Orgánico	44%
Disponible	35%	Disponible	56%
Ammoniacal	33%		
Nitrítica	2%		

Quando se aplica el guano de las islas, en promedio 35% de Nitrógeno y 56% de Fósforo están disponibles para la absorción inmediata por las plantas.

La forma orgánica continúa la mineralización, aportando nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

El guano de las islas, además de suministrar los nutrientes indicados anteriormente, realiza aporte de microorganismos beneficios que van a enriquecer la microflora del suelo, incrementando la actividad microbiana notablemente, lo que le confiere al suelo la propiedad de organismo vivo. Entre los microorganismos más importantes se encuentran las bacterias nitrificantes del grupo Nitrosomonas y Nitrobacter: la primera transforma el amonio a nitrito y el Nitrobacter oxida el nitrito a nitrato que es la forma cómo las plantas toman mayormente el Nitrógeno del suelo (No₃-).



GUANO DE LAS ISLAS

#AbonoDelBueno

Abono orgánico extraído de las islas y puntas guaneras de nuestro litoral.

Su distribución está enfocada a pequeños agricultores de todo el país.

Aporta todos los nutrientes para fortalecer los cultivos de la agricultura rural.

Venta a precio social en las 19 direcciones zonales en todo el país.

100% peruano.



¡El guano de las islas es orgánico y es peruano. Solo se vende en Agro Rural

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL
Dirección de Abonos:

Of. 96, República de Chile Nº 5507 - Lima, Perú
Teléfono: 011 205 8030 - Anexo: 4170
E-mail: guano@agro-rural.gob.pe
T: (01) 205 8030 - Anexo: 4170

Síguenos en:
/agroruralperu

Facebook, Twitter, YouTube, Instagram icons

¿QUÉ ES EL GUANO DE LAS ISLAS?

El guano de las islas, considerado el mejor abono orgánico del mundo, es recolectado y comercializado exclusivamente por la Dirección de Abonos del Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL.

El uso de este insumo orgánico tiene por finalidad mejorar el suelo, elevar la productividad de los cultivos y mejorar el nivel de vida del hombre del campo. Por ello, es ofertado a precio social a los pequeños agricultores, comunidades nativas y comunidades campesinas.

Se origina por acumulación de las deyecciones de las aves guaneras que habitan las islas y puntas de nuestro litoral. Entre las aves más representativas tenemos al Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), Piquero (*Sula variegata*) y Pelicano bougainvillii (*Pelecanus thagus*).



¿CÓMO SE OBTIENE?

La recolección del guano de las islas es una actividad totalmente artesanal que se realiza en forma racional, evitando su agotamiento. Así la recolección que se realiza en una determinada isla o punta se vuelve a repetir en un periodo no menor de cinco años. El procesamiento consiste en el picado, tamizado, envasado y pesado del producto, afectuándose en el lugar de recolección.



Actualmente el Perú, cuenta con 22 islas y 9 puntas en el litoral de la costa peruana, con una extensión de 2,874 hectáreas. El relieve de estas islas es rocoso e irregular, por lo que la recolección del guano es completamente manual con uso intensivo de mano de obra, lo que genera cerca de mil puestos de trabajo.



PROPIEDADES DEL GUANO DE LAS ISLAS

MATERIA ORGÁNICA
Proteínas
Vitaminas
Grasas

OXIDACIÓN

INORGÁNICOS
Nitratos (NO₃-)
Fosfatos (HPO₄)
Calcio (Ca)
Potasio (K)

HUMIFICACIÓN
Ácidos Húmicos
Húmulas
Humatos

- Es un fertilizante natural y completo porque contiene todos los nutrientes que la planta requiere para su normal crecimiento y desarrollo.
- Es un producto ecológico porque no contamina el medio ambiente.
- Es biodegradable, completa su proceso de mineralización en el suelo. Una parte se transforma en humus y otra se mineraliza, liberando nutrientes a través de un proceso microbiológico.
- Mejora las condiciones físico-químicas y microbiológicas del suelo. En suelos sueltos se forman agregados y en suelos compactos se logra la soltura. Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC), favorece la absorción y retención del agua. Aporta flora microbiana y materia orgánica mejorando la actividad microbiológica del suelo.
- Es soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas (fracción mineralizada).
- Tiene propiedades de sinergismo porque al combinarse con estiércol incrementa la producción significativamente, como se puede apreciar en el cuadro sobre experimentos realizados en cultivo de papa, en 5 lugares del Perú.

EFFECTO COMPARATIVO DE LA APLICACIÓN DE:
Un testigo (T) sin recibir guano ni estiércol, 560kg. de guano de las islas (G) 5000kg. de estiércol (E), Guano + estiércol (G+E), combinado en ambas proporciones en el cultivo de papa (kg/ha):

TRATAMIENTO	CAJAMARCA	AYACUCHO	ANCASH	PUNO	JUNIN	PROM.	INCREMENTO %
T	2,376	4,262	5,389	5,013	7,742	4,958	100
G	4,972	8,407	9,056	9,644	11,870	8,790	177
E	2,602	5,889	14,630	7,321	11,517	8,994	169
GE	8,685	13,815	27,630	13,511	15,796	14,887	300

Fuente: Zavala A, 1992 "Edafología Concytec". Lima - Perú

Anexo 3: Análisis de laboratorio fertilidad (Muestras orgánicas)



**LABORATORIO DE ANALISIS
QUIMICO, FISICO DE SUELOS
AGUAS Y PLANTAS**

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DEL ANALISIS

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD: (MUESTRAS ORGANICOS)

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : CHUMBIBAMBA, ANDAHUAYLAS – APURIMAC.

INSTITUCION SOLICITANTE : HILBER MANUEL CHAVEZ GUIA.

ANALISIS DE FERTILIDAD:

N°	CLAVE	mmhos/cm. C.E.	PH	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	M. COMPOST	8.16	9.74	13.72	0.69	30.7	2,104
02	M. GALLINAZA	10.24	9.56	15.47	0.77	118.4	6,747

CUSCO, 08 DE ENERO DEL 2025.



ING. AGRO. Marco Antonio Yapura Cayo
CIP: 217881
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES



FAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

Anexo 4: Análisis de laboratorio fertilidad (Físico mecánico)



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD – FISICO MECANICO.
PROCEDENCIA DE MUESTRAS : CHUMBIBAMBA, TALAVERA, ANDAHUAYLAS – APURIMAC.
INSTITUCION SOLICITANTE : HILBER MANUEL CHAVEZ GUIA.

ANALISIS DE FERTILIDAD:

N°	CLAVE	mmhos/c.c. C.E.	pH	% CaCO ₃	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	CHUMBIBAMBA	0.63	7.40	0.00	4.07	0.20	55.3	375

ANALISIS FISICO MECANICO :

N°	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
01	CHUMBIBAMBA	37	44	19	FRANCO

CUSCO, 08 DE ENERO DEL 2025.



ING. AGRO. Marco Antonio Yapura Cayo
CIP - 217901
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES



FAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA QUIMICA DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

Anexo 5: Panel fotográfico

Figura 8

1.-Selección y preparación de terreno



Figura 9

2.- Diseño y medición de parcelas



Figura 10

3.-Distribución de parcelas



Figura 11

4.-Abonos utilizados



Figura 12

5.-Pesado de abonos



Figura 13

6.- Pesado de guano de isla



Figura 14

7.-Pesado de compost



Figura 15

8-Registro de datos



Figura 16

9.-Surcado de surcos



Figura 17

10.- Surcos



Figura 18

11.-Distribución de abonos



Figura 19

12.-Semilla de espinaca



Figura 20

13.-Siembra al surco



Figura 21

14.-Siembra



Figura 22

15.-Primera incorporación de abono



Figura 23

16.-Germinación de las primeras plantas



Figura 24

17.-Primera evaluaciones



Figura 25

18.- Evaluaciones



Figura 26

19.-Cantidad de plantas por metro lineal



Figura 27

20.-Medicion de plantas



Figura 28

21.- Medición de plantas



Figura 29

22.- Codificación de plantas



Figura 30

23.-Codificación de plantas



Figura 31

24.-Codificación



Figura 32

25.-Evaluación



Figura 33

26.-Segunda incorporación de abono (21 días)



Figura 34

27.-Abonamiento



Figura 35

28.-Labor cultural de aporque



Figura 36

29.- Labor cultural de cultivo



Figura 37

30.-Plantas con 30 días



Figura 38

31.-Evaluación de plantas



Figura 39

32.-Evaluación



Figura 40

33.-Última evaluación



Figura 41

34.-Evaluación (pesado de planta)



Figura 42

35.-Pesado de planta de materia seca

