



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**RESPUESTA DEL BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO A
LA APLICACIÓN DEL CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea*
L.) VAR. VIROFLAY EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO –
PUNO, 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

DENNIS FERNANDO HUAYTA LAURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

RESPUESTA DEL BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO A LA APLICACIÓN DEL CULTIVO DE ESPINACA (Spinacia oleracea)

AUTOR

DENNIS FERNANDO HUAYTA LAURA

RECUENTO DE PALABRAS

22040 Words

RECUENTO DE CARACTERES

113209 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

99 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 17, 2024 12:27 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 17, 2024 12:33 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Edger Palmco Ruelas
Director de tesis


Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.
Cod. 82081 CIP: 24042



DEDICATORIA

Ante todo, agradecer a Dios, por la vida y salud por permitirme vivir, disfrutar y a darme mucha fortaleza durante los años de mi vida.

Con mucha gratitud y cariño a mis apreciados padres Crispin Huayta y Juana Laura quienes, con su amor, apoyo y ayuda en todo momento y con su arduo esfuerzo hicieron realidad mi sueño. Este logro no hubiera sido posible sin su constante apoyo y confianza en mí.

A mis hermanos Richard Huayta y Grover Huayta quienes siempre han estado conmigo y me han brindado apoyo y aliento durante mi formación profesional.

Dennis Fernando Huayta Laura



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por la formación recibida.

Agradezco profundamente a mis excelentes formadores profesionales en Ingeniería Agronómica por compartir su invaluable sabiduría y brindarme enseñanzas cruciales a lo largo de mi formación universitaria.

Al Dr. Edgar Pelinco Ruelas, mi asesor de Tesis por su valiosa contribución y apoyo constante durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Con gratitud y afecto a mis compañeros, compañeras y amigos, con quienes compartimos momentos de alegría y nostalgia durante nuestra formación profesional como Ingenieros Agrónomos.

Dennis Fernando Huayta Laura



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES.....	17
2.1.1. A nivel internacional	17
2.1.2. A nivel nacional	17
2.1.3. A nivel local	20
2.2. FERTILIZANTE ORGÁNICO	20
2.2.1. Importancia de los fertilizantes orgánicos	21
2.2.2. Etapas del proceso de descomposición bacteriana en condiciones anaeróbicas.	22
2.3. CLASIFICACIÓN Y FUNCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS.....	23
2.3.1. Macro elementos	23



2.3.2. Micro elementos secundarios.....	23
2.4. BIOFERTILIZANTE	24
2.4.1. Funciones del biofertilizante.....	25
2.4.2. Modos de uso del biofertilizante.....	25
2.4.3. Frecuencia y dosificación adecuadas para la aplicación de biofertilizantes	26
2.4.4. Fertilización foliar.....	26
2.5. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ESPINACA (<i>Spinacia oleracia</i> L.)	27
2.5.1. Origen y distribución geográfica de espinaca.....	27
2.5.2. Clasificación taxonómica del cultivo de espinaca....	28
2.5.3. Variedades de espinaca.	28
2.5.4. Características del cultivo de espinaca	29
2.5.5. Descripción botánica del cultivo de espinaca	30
2.6. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE ESPINACA (<i>Spinacia oleracia</i> L.)	32
2.6.1. Requerimientos nutricionales de espinaca	32
2.6.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de espinaca	33
2.6.3. Manejo agronómico del cultivo de espinaca.....	37
2.6.4. Riego en cultivo de espinaca.....	42
2.6.5. Plagas en cultivo de espinaca.....	43
2.6.6. Enfermedades en cultivo de espinaca	43
2.6.7. Características físicos-químicas y organolépticas.....	44
2.6.8. Ciclos fenológicos del cultivo de espinaca	45
2.6.9. Cosecha y postcosecha del cultivo de espinaca	47



2.6.10. Producción del cultivo de espinaca.....	48
2.7. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE ESPINACA <i>Spinacia oleracia</i> L.	48

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	49
3.2. MATERIALES.....	50
3.2.1. Análisis físico-químico del suelo y agua de riego experimental	50
3.2.2. Insumos y preparación de biofertilizante líquido acelerado	51
3.2.3. Datos meteorológicos.....	53
3.2.4. Material vegetal de espinaca (<i>Spinacia oleracia</i> L.)	55
3.3. MÉTODOS.....	55
3.3.1. Diseño estadístico del experimento	55
3.3.2. Características generales del experimento	56
3.3.3. Tratamientos evaluados.....	57
3.3.4. Distribución del experimento.....	57
3.4. ESTABLECIMIENTO Y MONITOREO DEL EXPERIMENTO.....	58
3.4.1. Muestreo de suelo experimental	58
3.4.2. Acondicionamiento del área experimental.....	59
3.4.3. Preparación del terreno	59
3.4.4. Trazado del campo experimental	59
3.4.5. Trasplante.....	59
3.4.6. Riegos	60
3.4.7. Aplicación del biofertilizante líquido acelerado	60
3.4.8. Labores culturales	61



3.4.9. Control de plagas y enfermedades	61
3.4.10. Cosecha.....	62
3.5. PARÁMETROS EVALUADOS.....	62
3.5.1. Altura de la planta.....	62
3.5.2. Número de hojas por planta	63
3.5.3. Rendimiento en peso fresco	64
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. EFECTO DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE ESPINACA (<i>Spinacia oleracia</i> L.).....	66
4.1.1. Altura de planta a los 8, 26, 41 y 52 días después del trasplante.....	66
4.1.2. Número de hojas a los 8, 26, 41 y 52 días después del trasplante	69
4.2. RENDIMIENTO DE ESPINACA (<i>Spinacia oleracia</i> L.) BAJO TRES DOSIS DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO	72
4.2.1. Rendimiento (g/planta) a los 52 días después del trasplante	72
V. CONCLUSIONES	75
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	86

AREA : Ciencias Agrarias

TEMA : Manejo agronómico de cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 19 de setiembre el 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Composición nutricional del biofertilizante líquido acelerado. 33
Tabla 2	Condiciones agroclimáticas del cultivo de espinaca. 34
Tabla 3	Condiciones climáticas óptimas y críticas para espinaca. 35
Tabla 4	Extracción de macro elementos por la espinaca en kg/ha.la ⁻² 41
Tabla 5	Contenido nutricional del cultivo de espinaca en 100 gramos 45
Tabla 6	Análisis físico – químico del suelo del estudio 50
Tabla 7	Análisis físico – químico del agua de riego del estudio 51
Tabla 8	Análisis de biofertilizante líquido acelerado 53
Tabla 9	Datos climáticos periodo 2023 del área de estudio 54
Tabla 10	Tratamientos experimentales en el estudio..... 57
Tabla 11	Cronograma de la dosificación de biofertilizante por tratamiento 61
Tabla 12	Efecto de biofertilizante sobre altura de planta (cm) de espinaca 67
Tabla 13	Efecto de biofertilizante sobre número de hojas de espinaca..... 70
Tabla 14	Efecto de biofertilizante en rendimiento de espinaca..... 73



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Desarrollo morfológico del cultivo de espinaca 30
Figura 2	Fases de la fenología del cultivo de espinaca 46
Figura 3	Calendario de plantación y recolección del cultivo de espinaca..... 46
Figura 4	Ubicación de la zona de investigación..... 49
Figura 5	Gráfico de datos climáticos periodo 2023 del área de estudio..... 55
Figura 6	Croquis de distribución de las plantas por unidades experimentales..... 58
Figura 7	Fotografía que ilustra plantas cosechadas por tratamiento 62
Figura 8	Fotografía que ilustra mediciones de altura de la planta (a) inicio, (b) intermedio y (c) al final del estudio. 65
Figura 9	Fotografía que muestra el conteo de número de hojas por planta (a) al inicio y (b) al momento de la cosecha. 63
Figura 10	Fotografía que ilustra (a) pesado por planta y (b) verificación del peso de la planta..... 65
Figura 11	Tendencia del efecto de biofertilizante sobre altura de espinaca (<i>Spinacia oleracia</i> L.) 67
Figura 12	Tendencia del efecto de biofertilizante sobre número de hojas de espinaca (<i>Spinacia oleracia</i> L.) 70



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1	Base de datos de altura, número de hojas y peso fresco de espinaca.... 86
ANEXO 2	Análisis de varianza (ANVA) para altura de 8 días después del trasplante 87
ANEXO 3	ANVA para altura de 26 días después del trasplante..... 87
ANEXO 4	ANVA para altura de 41 días después del trasplante..... 88
ANEXO 5	ANVA para altura de 52 días después del trasplante..... 88
ANEXO 6	ANVA número de hojas de 8 días después del trasplante 89
ANEXO 7	ANVA número de hojas de 26 días después del trasplante 89
ANEXO 8	ANVA número de hojas de 41 días después del trasplante 90
ANEXO 9	ANVA número de hojas de 52 días después del trasplante 90
ANEXO 10	ANVA rendimiento de 52 días después del trasplante..... 91
ANEXO 11	Determinacion del peso de campo por parcela en kg/trat. 91
ANEXO 12	Determinacion del rendimiento en kg/ha 92
ANEXO 13	Fotografía que ilustra los insumos utilizados para biofertilizante 92
ANEXO 14	Material vegetal de espinaca (<i>Spinacia oleracia</i> L.) var. “Viroflay”. .. 93
ANEXO 15	Fotografía del acondicionamiento de la parcela experimental..... 93
ANEXO 16	Fotografía que ilustra la demarcación de unidades experimentales..... 93
ANEXO 17	Fotografías que ilustra la aplicación del biofertilizante 94
ANEXO 18	Resultados del análisis de suelo en Laboratorio – INIA – Puno..... 95
ANEXO 19	Resultados del análisis de agua de riego en Laboratorio – INIA – Puno 96
ANEXO 20	Resultados del análisis de biofertilizante líquido acelerado en Laboratorio LABSAF – INIA – Puno..... 97



ACRÓNIMOS

INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
MIDAGRI:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
EM:	Microorganismos Eficientes
pH:	Potencial de Hidrogeno.
N:	Nitrógeno
P ₂ O ₅ :	Oxido de Fosforo
K ₂ O:	Oxido de Potasio
HR:	Humedad relativa
cm:	Centímetro
L:	Litro
kg.:	Kilogramo
ha:	Hectárea
g:	Gramo
R:	Rendimiento
PCP:	Peso de campo por parcela
ANC:	Área neta cosechada
AOLA:	Abono Orgánico Líquido Aeróbico



RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro Poblado de Salcedo, del distrito de Puno a 3857 msnm. Siendo los objetivos: 1) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre la altura de la planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) 2) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre número de hojas por planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y 3) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Los tratamientos fueron las dosis preparadas de biofertilizante líquido acelerado (0.5, 1.0 y 1.5 L/mochila de 20L). Se utilizó el diseño Cuadrado Latino, para realizar la separación de medias (la prueba de Tukey, $p < 0.05$). El rendimiento (peso fresco) (Kg/planta), el número de hojas por planta y la altura (cm) fueron las variables evaluadas. Los resultados obtenidos de la aplicación del biofertilizante líquido acelerado en el cultivo de espinaca fueron favorables la dosis de 1.5 litros favoreció en el crecimiento de la altura de planta con un promedio de 18.98 cm en comparación con el testigo de 13.88 cm. También con relación al número de hojas, se logró alcanzar un promedio de 17.05, considerando la dosis alta de 1.5 L. del biofertilizante comparado con el testigo de 13.10. Y en el rendimiento, se logró obtener un promedio de 4987.32 kg/ha en comparación con las plantas sin biofertilizante de 2630.43kg/ha. En conclusión, la dosis alta del biofertilizante líquido acelerado influyó en la altura de planta, número de hojas y rendimiento de la espinaca.

Palabras clave: Altura, Biofertilizante, Número de hojas, Rendimiento, *Spinacia oleracea* L.



ABSTRACT

The present study was carried out in the Salcedo village centre, in the district of Puno at 3857 m above sea level. The objectives were: 1) To determine the effect of accelerated liquid biofertilizer on the height of the spinach plant (*Spinacia oleracea* L.) 2) To determine the effect of accelerated liquid biofertilizer on the number of leaves per spinach plant (*Spinacia oleracea* L.) and 3) To determine the effect of accelerated liquid biofertilizer on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). The treatments were the prepared doses of accelerated liquid biofertiliser (0.5, 1.0 and 1.5 L/ 20 L knapsack). The Latin Square design was used to perform the separation of means (Tukey's test, $p < 0.05$). Yield (fresh weight) (kg/plant), number of leaves per plant and height (cm) were the variables evaluated. The results obtained from the application of the accelerated liquid biofertilizer in the spinach crop were favourable, the dose of 1.5 litres favoured the growth of plant height with an average of 18.98 cm compared to the control of 13.88 cm. Also in relation to the number of leaves, an average of 17.05 was achieved, considering the high dose of 1.5 L. of biofertilizer compared to the control of 13.10. And in the yield, an average of 4987.32 kg/ha was obtained compared to 2630.43 kg/ha for plants without biofertilizer. In conclusion, the high dose of accelerated liquid biofertilizer influenced the plant height, number of leaves and yield of spinach (*Spinacia oleracia* L.).

Keywords: Height, biofertilizer, Number of leaves, Yield, *Spinacia oleracia* L.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica ayuda a preservar la salud humana, prevenir la degradación del suelo agrícola y ser amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, ha ganado gran importancia (Mequias & Chávez, 2020). Los abonos orgánicos son ricos en macroelementos y altos en nitrógeno mineral para las plantas. Por lo tanto, producen un mayor contenido de materia orgánica en el suelo, demuestran su capacidad para retener humedad, neutralizan el pH y aumentan la disponibilidad de potasio y magnesio. Mejoran las propiedades físicas del suelo, mejorando su textura y estructura, lo que reduce la densidad aparente y la tasa de evaporación (Blanco, 2017)

El biofertilizante líquido acelerado es un abono foliar que mejora y estimula el crecimiento y desarrollo de varios cultivos, como hortalizas, papa, maíz, trigo, habas y frutales. El abono foliar proviene de la fermentación láctica orgánica, que utiliza un consorcio de microorganismos llamados Bio-Lac, que aceleran el proceso de descomposición de desechos orgánicos como estiércol de vacuno, leche, suero y melaza durante 7 a 10 días (MIDAGRI, 2022). Este abono foliar aumenta la fertilidad del suelo sin contaminar el agua, el aire, ni los productos obtenidos. Además, mejora la producción y calidad de los productos, añadiendo valor a la cosecha (Pachacute, 2016). Por lo tanto, el objetivo es aumentar la productividad de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), que es crucial en la dieta alimentaria y ayuda a reducir la anemia, con beneficios nutricionales para la salud humana (FAO, 2018; Murcia et al., 2020). El cultivo de espinaca ofrece ventajas para su producción, ya que tiene un período vegetativo corto y es resistente a los factores abióticos como bajas temperaturas y granizo. Por lo tanto, es posible expandir su



producción a gran escala, lo que aumentaría los ingresos económicos del altiplano de Puno (Lozano, 2010).

Por tal razón el presente estudio se planteó como objetivo general: Evaluar el efecto de tres niveles de biofertilizante líquido acelerado en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) siendo los objetivos específicos:

- 1) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre la altura de la planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)
- 2) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre número de hojas por planta de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)
- 3) Determinar el efecto del biofertilizante líquido acelerado sobre el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Carrasco et al., (2018), en el Centro Experimental Cota en Bolivia, evaluaron el impacto de tres niveles diferentes de Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA) en la producción de espinaca. El porcentaje de emergencia, el número de hojas, la longitud, el ancho, la altura de la planta y el peso de la biomasa se utilizaron para evaluar el AOLA en dosis de 0, 10, 20 y 30 %. El porcentaje de emergencia fue del 85,71 %. De las tres cosechas realizadas, El T2 presentó el mayor número de hojas por planta, con 13,33 hojas; los demás cultivos siguieron una tendencia pareja. De las tres cosechas realizadas, el T2 tenía la hoja más larga con 19 cm. En la tercera cosecha, el T2 tenía las hojas más amplias y grandes con 15.67 cm, mientras que el T2 tenía la altura de la espinaca más alta con 30.33 cm. Y con el peso de la biomasa por planta, la media más alto fue del T2, con 56 g en el inicio de la cosecha. Se puede concluir que la concentración del 20% en T2 fue el nivel de AOLA más efectivo y con superior reacción a las variables.

2.1.2. A nivel nacional

De acuerdo con la Dirección Regional de Agricultura de Junín en 2018, Junín son los pioneros en producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), con rendimientos de 20 383 kg/ha en 2017 y 21 270 kg/ha. En 2018, la producción de espinaca de Junín alcanzó 14 352 t y un rendimiento de 24 873 kg/ha, superando a Lima Metropolitana, que ocupa el segundo lugar obteniendo un total de 6 441 t



y un rendimiento con 21982 kg/ha. Siura et al. (2016) muestra un estudio de investigación que examina el rendimiento y la calidad de dos cultivares de Espinaca (uno de polinización abierta OP y otro híbrido) cultivados en una parcela de producción orgánica con y sin rotación, con abono verde (*Crotalaria juncea*) y cuatro concentraciones de aplicación foliar de biol (0, 20, 40 y 100%). El rendimiento salió muy significativo después que se empleó la rotación de abono verde (24.3 t/ha), biol (25.8 t/ha) y la interacción de rotación con abono verde por cultivar. Se usó el abono verde para la rotación de cultivos, la productividad del cultivar OP fue mejor al del híbrido y la dosis creciente de biol se justifica su uso en este cultivo, en particular cuando se trata de pequeños agricultores, lo que aporta a aumentar el rendimiento del cultivar.

Lapa (2022), a través de la Universidad Nacional de Huancavelica, realizó un estudio para evaluar el rendimiento de las plantas de espinaca bajo dos dosis de fertilización (50N-50P₂O₅-50K₂O y 100N-100P₂O₅-100K₂O) y tres dosis de microorganismos eficientes (1.0, 2.0 y 3.0 %). Debido al efecto estimulante de la acción combinada de las dosis de N-P₂O₅-K₂O y las dosis de microorganismos eficientes (EM), los indicadores biométricos del número de hojas/planta, la altura de la planta y la longitud de la raíz aumentarán. Estos cambios en los pesos frescos de todas las hojas y las raíces fueron diferentes.

En la Universidad Nacional de Cajamarca, Sangay (2022) evaluó varias dosis para la eficiencia del biol D1, D2 y D3 que fueron 0.5, 1.5 y 2.5 L (se agregaron dosificaciones adicionales a fin de lograr un resultado más fuerte D2 con 1.0 L y D4 a 2.0 L) con dos tiempos de utilización: M1 = 3 semanas después de plantar y M2 = 4 semanas después de la siembra. El T5 (D5 = 2.50 l) produjo una producción media de 35.00 t/ha, con una altura promedio de 34.76 cm, un



promedio de 16 hojas, una longitud promedio de 20.5 cm y un ancho promedio de hojas de 13.16 cm., según el análisis estadístico. Los resultados superaron significativamente el rendimiento del testigo, rindiendo 26.57 t/ha, con una altura de planta de 24.58 cm, una longitud de 14.12 cm, una anchura de 10.85 cm y 12 hojas.

Soles (2019), se llevó a cabo una investigación en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo para determinar cómo las diferentes dosis de biol (400, 800 y 1200 L biol/ha) afectan el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). A un mes después de la germinación, las plantas en el tratamiento T3 (1200 L biol/ha) tuvieron una mayor altura de 33.36 cm y un mayor número de hojas/planta, mientras que las plantas en el tratamiento T4 (0 L biol/ ha) tenían una altura menor de 18.05 cm y un menor número de hojas/planta de 9.5 piezas. A un mes después de la germinación, se obtuvo un gran peso (t/ha) con el tratamiento T3 (1200 L biol/ha) y un rendimiento bajo (7.80 t/ha) con el tratamiento T4 (0 L biol/ha).

Apaza (2019), según la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. En Abancay, se llevó a cabo una evaluación del desempeño y la calidad del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en función de diversas concentraciones de biol. Los siguientes tratamientos de dosis fueron los siguientes: T1: 60 % de biol - 40 % de agua, T2: 40 % de biol - 60 % de agua, T3: 20 % de biol - 80 % de agua y T4: testigo 100% de agua y se aplicaron al cultivo de espinaca. El tratamiento T1 obtuvo la mayor producción 100 días después del inyector, con una altura de planta de 28.99 cm/planta a 20.86 cm/planta, mientras que el testigo (con agua pura) obtuvo 11.59 hojas/planta, mientras que el testigo



obtuvo 10.45 hojas/planta y 13888.88 kg/ha, a diferencia de 6866.32 kg/ha del testigo.

2.1.3. A nivel local

Esta investigación se realizó en el distrito de Nuñoa, en la provincia de Melgar, en la región de Puno, a una altitud de 4010 metros sobre el nivel del mar. Los propósitos de la investigación fue determinar el impacto del guano de isla en el desarrollo y el rendimiento de la espinaca. Los hallazgos demostraron que el aumento de la dosis de guano de isla fue directamente proporcional al crecimiento de las espinacas. Para cada tratamiento medio kilogramo de guano de isla, la altura de las plantas de espinaca aumentó en media 2,63 cm, el ancho de las hojas en media 0,94 cm y en media 2,55 de número de hojas. Además, se ha demostrado que el aumento de la dosis de guano de isla está directamente relacionado con el rendimiento de las plantas; en promedio, el peso de las hojas por parcela ha aumentado en 0,57 kg por parcela por cada medio kilogramo de guano de isla aumentado (Yana, 2023).

2.2. FERTILIZANTE ORGÁNICO

Las propiedades del suelo, incluyen (la estructura, la porosidad, la aireación, la retención y filtración de agua, la conductividad eléctrica y el equilibrio de los agregados), son afectadas por los abonos orgánicos. El aumento de la infiltración de agua en el suelo es el resultado de la porosidad, que aumenta la capacidad del suelo para retener agua. En cuanto a las características biológicas del suelo, los microorganismos que participan en el análisis del estiércol aumentan la actividad biológica y la estructura del suelo como resultado de la agregación de los productos resultantes de este análisis, lo que aumenta la fertilidad del suelo y, por lo tanto, la rentabilidad del cultivo (Trinidad, 2010).



En la agricultura orgánica, una de las técnicas utilizadas para un cuidado ecológico del suelo es la producción de abonos orgánicos. Pueden ser vegetales o animales, puesto que es un proveedor vital de nutrientes, sustancia orgánica, sustancias húmicas, reguladores de desarrollo y varias composiciones proteicas. Estos compuestos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que aumenta el rendimiento de los cultivos (Siura et al., 2016).

2.2.1. Importancia de los fertilizantes orgánicos

Por los siguientes motivos, los abonos orgánicos son cruciales:

- Mejoran la obtención tanto en cantidad como en calidad de los cultivos.
 - Aumentar la proporción de materia orgánica en el suelo y reponer los elementos químicos esenciales para la nutrición de las plantas, como el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el magnesio, el calcio, entre otros.
 - Promueve la acción microbiológica y la creación de nutrientes para las plantas, fomentando la vida en el suelo.
 - Aumenta la estructura del suelo al hacerlo más libre, lo que favorece la disposición de la aireación, así que colabora al enraizamiento de los vegetales y a la fácil filtración del agua.
 - Aumenta a retener más el agua y actúa más o menos igual a una esponja y favorece que las plantas absorban el agua y los nutrientes.
 - Ayuda a controlar las enfermedades del suelo y mejorar la vitalidad de los cultivares en contra de plagas, enfermedades y variaciones climáticas.
- Debido a que la materia orgánica se descompone lentamente, los abonos orgánicos perduran un periodo largo en el suelo que los fertilizantes sintéticos.



- Aumenta la vitalidad de los cultivares, los animales, los humanos y a la tierra en su conjunto.
- Se utilizan materiales que se encuentran en las chacras, como estiércol de animales (vacunos, cuyes, ovinos, etc.); desechos de cosechas, restos de frutas, moliendas, hojas y ramas (de las podas de árboles y cercos vivos), con el fin de reducir los costos de producción (Melgar & Díaz, 2008).

2.2.2. Etapas del proceso de descomposición bacteriana en condiciones anaeróbicas

Jiménez (2010), describió que la descomposición bacteriana anaeróbica ocurre en las siguientes fases:

- Fase de hidrólisis y descomposición: esta fase implica la división y degeneración de enormes series de sustancia orgánica por parte de un conjunto de bacterias. Posteriormente, estas bacterias producen enzimas extracelulares que hidrolizan las partículas disolubles en agua, de forma que las grasas, proteínas y carbohidratos cambian a partículas simples.
- La etapa de acetogénesis y deshidrogenación: esta etapa es en la que las bacterias acetogénicas degradan los alcoholes y otros compuestos aromáticos para producir ácido acético, produciendo CO₂ e hidrogeno.
- La etapa metanogénica es la fase final de la separación de la sustancia orgánica, al que los microorganismos consumen rápidamente óxido de carbono, nitrato y sulfato. Convirtiendo la biomasa en metano por medio de las bacterias metanogénicas.



2.3. CLASIFICACIÓN Y FUNCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

2.3.1. Macro elementos

Según Zambrano (2020), son sustancias alimenticias que proporcionan energía y nutrientes vitales a las plantas.

- Nitrógeno (N) Incrementa el crecimiento y desarrollo vegetal de todos los tejidos vivos.
- Fosforo (P) Mejora las raíces y floración y cuajado de los frutos.
- Potasio (K) Contribuye la rigidez a los tejidos de sostén de las plantas. Actúa durante la fructificación.
- Magnesio (Mg) Necesario para la fotosíntesis. Estructura de la clorofila, enzimas y vitaminas de la planta.
- Calcio (Ca) Componente estructural de paredes y membranas celulares.
- Azufre (S) Ingrediente principal de aminoácidos, proteínas y vitaminas.

2.3.2. Micro elementos

Según (Zambrano, 2020) son requeridas en cantidades pequeñas.

- Hierro (Fe) Esencial para la fotosíntesis. Es un elemento catalizador.
- Manganeso (Mn) Fundamental para el proceso de la fotosíntesis, y ayuda a integrar la clorofila.
- Zinc (Zn) Creación de auxinas, que son hormonas y carbohidratos.
- Molibdeno (Mo) Ayuda a la nitrificación y la formación de proteínas.
- Boro (B) Participa un rol fundamental al florecimiento y con la creación de frutos, al igual que la fracción celular.
- Cloro (Cl) Apoya al desarrollo radicular de las plantas.



2.4. BIOFERTILIZANTE

Los biofertilizantes son sustancias que contienen microorganismos vivos que, al aplicarse a semillas, plantas o suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta, lo que hace que crezca, aumentando la disponibilidad de nutrientes primarios. El objetivo de este producto es movilizar los nutrientes en función de su actividad biológica. Esto resulta en la recuperación del microbiota perdido, lo que mejora las condiciones del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Barajas, 2017).

Además, el biofertilizante es biológicamente consistente, abundante en humus y contiene una carga baja de patógenos. Provee la materia orgánica necesaria para el suelo, lo que influirá en los procesos físicos, químicos y biológicos que afectan la fertilidad del suelo, lo que resulta en mejores rendimientos de los cultivos (Sistema BioBolsa, 2013). Puede usarse en una amplia gama de plantas, incluidos árboles frutales, hortalizas, raíces, tubérculos, gramíneas, forrajes, leguminosas, plantas ornamentales y plantas con ciclo corto, anual, bianuales o perennes. También se puede utilizar en el follaje, el suelo, la semilla o la raíz. La cantidad y el momento de aplicación varían según la fenología del cultivo (Suasaca et al., 2009).

Al usar en pequeñas cantidades, el biofertilizante puede fomentar las actividades fisiológicas y estimular el crecimiento de las plantas, lo que mejora el enraizamiento, la floración y el poder germinativo de las semillas. Esto hace posible aumentar y mejorar la calidad de las cosechas (Colque et al., 2005).

El biofertilizante se tiene en cuenta como un estupendo abono foliar, es la descomposición de los residuos animales y vegetales: guano, rastrojos, etc., sin la presencia del oxígeno. Este proceso genera nutrientes de fácil asimilación para las plantas haciéndolas más fuertes y resistentes (INIA, 2008).



2.4.1. Funciones del biofertilizante

Martin (2003), indica que las plantas utilizan biofertilizantes para fortalecer la estabilidad nutricional actúa como un mecanismo de protección mediante el uso de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas carbohidratos y azúcares complejos en las conexiones biológicas, químicas, físicas y energéticas establecidas con las plantas y la vida del suelo.

Gonzales (2014), sostiene que después del periodo de fermentación de 30 a 90 días, los biofertilizantes enriquecidos estarán listos y equilibrados, con efectos que pueden superar de 10 a 100 veces la cantidad de nutrientes técnicamente recomendada.

2.4.2. Modos de uso del biofertilizante

Gomero (2000), describe que el biofertilizante ayuda en el afianzamiento de la raíz (aumentar y fortalecer el origen radicular), procede encima del follaje (ampliar la base foliar), incrementa en el florecimiento y aumenta la calidad y el poder germinativo de las semillas, lo que resulta en un mejoramiento significativo de la recolección de los cultivares. Debe usarse diluido en agua en cantidades que oscilan entre el 25% y el 75 %. Durante el desarrollo vegetativo de la planta, las aplicaciones deben repetirse de tres a cinco veces.

Para mejorar la distribución de las hormonas e innovadores hormonales esto engloba, se puede agregar biofertilizante al agua de riego. De ello se benefician la mejora de las raíces de las plantas y la función de los microorganismos del suelo. Igualmente, la semilla se puede mezclar con una solución de biofertilizante para iniciar su germinación. El tiempo de remojo varía



según el tipo de semilla; se recomienda de dos a seis horas para semillas de hortalizas, de doce a veintidós horas para semillas de gramíneas y de veintidós a setenta y dos horas para especies de gramíneas y frutales de capa gruesa (HIVOS, 2015).

2.4.3. Frecuencia y dosificación adecuadas para la aplicación de biofertilizantes

La uniformidad con que se aplica el biofertilizante es diferente porque se tienen en cuenta varios factores, como los tipos de cultivo, el crecimiento del cultivo, el tipo de suelo y la cobertura del cultivo. Por ejemplo, es recomendable aplicar tres a seis veces el biofertilizante foliar a las hortalizas trasplantadas en el campo; las concentraciones pueden oscilar entre el 3 % y el 7 %, y el suelo debe estar húmedo (Rivera, 2010).

Para aplicar el abono foliarmente, se debe diluir en un balde de agua con un litro del biofertilizante, en compost se debe agregar un balde de biofertilizante por tres baldes de desechos orgánicos y en cuanto a las raíces se debe diluir un balde de biofertilizante en un balde de agua (HIVOS, 2015).

Lo más importante es conocer las principales necesidades de nutrientes de todo cultivo en cada momento de crecimiento, para esto es necesario tener un análisis completo de suelos y foliares (Restrepo, 2007).

2.4.4. Fertilización foliar

La utilización de nutrientes para el follaje de las plantas cultivadas que pueden infiltrar y comenzar los procesos metabólicos se conoce como fertilización foliar. Se sabe que no solo las raíces pueden absorber minerales, sino que también



las hojas y los tallos tienen la capacidad de absorber sustancias nutritivas tanto minerales como orgánicas, principalmente aminoácidos (Hidalgo, 2015)

Aliaga (2014), menciona que la absorción de nutrimentos a través de las hojas no es una situación típica. Aunque la hoja cumple una función específica de producir carbohidratos, sus características anatómicas favorecen la incorporación de nutrientes a los productos de la fotosíntesis y la transferencia de estos nutrimentos a las partes de la planta que más se necesitan.

2.5. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracia* L.)

2.5.1. Origen y distribución geográfica de espinaca

La introducción de la espinaca en Europa se remonta al año 1000 d.C. al 1351 y se originó en áreas asiáticas, posiblemente de Persia (hoy Irán) o Asia Central. Aunque se comenzó a utilizar en China en el siglo VII, la distribución de la espinaca en Europa solo comenzó en el siglo XVIII, cuando se establecieron cultivos para su explotación en Holanda, Inglaterra y Francia. Posteriormente, se cultivó en otros países y más tarde pasó a América (Jiménez et al., 2010).

En la actualidad, se puede encontrar esta especie en todo el mundo, con China, Japón y Estados Unidos como los principales países productores. España es uno de los países más importantes en cuanto a su consumo, con cosechas superiores a las 60.000 toneladas anuales, aunque muy lejos de las más de 300.000 toneladas métricas de Estados Unidos y los 7 millones de toneladas de China (Bravo, 2014).



2.5.2. Clasificación taxonómica del cultivo de espinaca

Según la clasificación taxonómica propuesta por Linneo, la posición sistemática de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Magnolipsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioidae

Género: *Spinacia*

Especie: (*Spinacia Oleracea* L.)

(Salazar, 2019).

2.5.3. Variedades de espinaca.

Según el reporte de Maroto (2017), explica que desde el punto de vista agrícola se distinguen las siguientes espinacas:

- Espinacas oleráceas la variedad espinosa Moench: Se asemeja al tipo original por tener hojas grandes aflechadas, sagitadas y agudas de un color verde intenso con algo de borde en la base y semillas con 2 a 4 pequeñas espinas rígidas. La espinaca de Inglaterra es una variedad cultivada de espinaca de semillas espinosas.



- Espinacas oleráceas la variedad Inermis Moench, la variedad glabra Miller: Sus hojas son más amplias, de contorno redondeado y con parénquima más carnosa, lo que la distingue claramente de la anterior. La semilla tiene pequeños tubérculos que salen. Esta espinaca de semillas redondas proviene de la espinaca holandesa.

Siura et al., (2016) clasifica las variedades de espinaca por el tipo de hoja que presentan, son descritas a continuación:

- Hojas lisas (variedad Bolero y Nordic): Utilizado en el mercado fresco y en la agroindustria, es de muy buen rendimiento y de color verde claro.
- Hojas crespas (variedad Olympia, Baker, Royalty y Quinto): Se desarrollan entre cuarenta y cincuenta días y se consideran muy productivas. Son de color verde oscuro y se usan tanto en fresco como en agroindustrial.
- Las variedades de hojas semicrespas (Shasta, Condesa y Viroflay): Son las más populares; son de un verde intenso con hojas redondeadas y semierectas, aunque tienen ciclos más largos debido a la larga espera después de la cosecha.

2.5.4. Características del cultivo de espinaca

Callizaya (2007), indicamos lo siguiente: Tolerante al frío: Las espinacas son una de las hortalizas muy apreciadas que viven en climas fríos, con una temperatura media mensual de 15 a 18 grados Celsius. Las variedades de invierno resisten temperaturas extremadamente bajas, incluso a 5 °C por debajo de 0, sin sufrir daño. Forma: Hay cultivares que son postrados, semipostrados y erectos. Tamaño y peso: Las hojas pueden pesar hasta 20 gramos por hoja, dependiendo de la variedad y el tipo de nutrientes disponibles. Dependiendo de la variedad,

puede ser verde claro o verde oscuro. Sabor: El sabor de la mayoría de las hortalizas es agradable, dulce y jugoso.

2.5.5. Descripción botánica del cultivo de espinaca

La hortaliza "Espinaca" es una planta anual porque en su primera fase presenta una formación de roseta de hojas, que varía según el clima, y luego obtiene el tallo. Los pequeños tallos laterales que surgen de las axilas o las hojas dan lugar a ramificaciones secundarias donde pueden desarrollarse flores, Figura 1. La espinaca es una planta dioica, por lo que hay plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas que se diferencian fácilmente, ya que las plantas femeninas tienen más hojas basales y tardan más en desarrollar semilla, lo que las hace más productivas. Es una especie hortícola con un ciclo vegetal, y las hojas son lo que se consume (Jiménez et al., 2010; Mamani 2016).

Figura 1

Desarrollo morfológico del cultivo de espinaca



Nota. Tomado de (Infoagro, 2024; Valverde, 2014).

A. Semilla

Según Flórez (2010), las semillas lenticulares son restos de flores con aspecto coriáceo, membranosas inermes o espinosas de color gris verdoso que normalmente se venden como semilla en realidad son frutos (aquenio). A pesar de que aumentan la vitalidad de la semilla, estos revestimientos impiden la entrada de la humedad necesaria para los procesos de germinación, lo que afecta negativamente la velocidad y regularidad de germinación.



Las semillas de dos años muestran una germinación frecuentemente más rápida y uniforme en comparación con las de un año. Tienen una humedad de semilla del 11 %, una HR ambiental del 55 % y una temperatura de protección de 21 °C; una HR de semilla del 13 %, una HR ambiental del 73 % y se conservación a temperatura de 5 a 10 °C; y un promedio de poder germinativo de 75 % con un mínimo de 60 %. La época de recolección es de junio a julio. Es importante destacar que cuando las semillas están maduras, suelen romperse fácilmente.

B. Sistema radicular

Aunque puede alcanzar hasta 1 m de profundidad en el perfil del suelo, Niño (2009) explica que la espinaca es una planta de raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial. Jiménez (2010) señala que el sistema de raíces de esta hortaliza es menos profundo y fuerte que los de acelga, y la raíz principal es muy superficial y puede medir hasta 1,8 metros de profundidad y 30 centímetros de ancho.

C. Tallo

Tiscornia (2009) explica que antes de que se desarrolle el tallo floral en la primavera siguiente a la siembra, tallo simple o ramificado se forma una mata de lampiña, que tiene grandes hojas en forma de punta de flecha, pero solo se eleva unos centímetros sobre el suelo. Según él, la planta de espinaca típica posee un tallo erguido, con cavidad interna y ramificado, alcanzado unos 50 cm de altura.

D. Hoja

En función de su variedad, son caulíferas, más o menos alternas y forma de roseta con hojas pecioladas, con diferentes formas y consistencias. Suele ser un verde oscuro. Presenta un pecíolo cóncavo y con frecuencia rojo en su base, de longitud variable, que disminuye gradualmente a medida que soporta las hojas



más recientes y desaparece en las hojas en la parte más alta del tallo (Salazar, 2019).

E. Inflorescencia

Los racimos de flores masculinas, juntas en cantidades de 6 a 12 en espigas terminales o axilares, muestran color verde y se componen de un perianto con 4 a 5 pétalos, así como de 4 estambres. Las flores femeninas se agrupan en glomérulos axilares y tienen un perianto tetradentado con ovarios uniovulares, un estilo distintivo y un estigma dividido en 3-5 segmentos (CIREN CORFO, 2013).

F. Fruto

Jiménez (2010), describe al fruto como esférico – ovoideo, se asemeja a un receptáculo pequeño, e integra una semilla; la semilla es de color café claro y logra tener una superficie liza o espinosa. Asimismo, dice que la espinaca produce achenios según el cultivo y la especie.

2.6. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE ESPINACA (*Spinacia oleracia* L.)

2.6.1. Requerimientos nutricionales de espinaca

Los macronutrientes (N, P, K) y los micronutrientes (calcio, magnesio y azufre) requieren los nutrientes básicos para que las plantas se desarrollen correctamente. Los nutrientes mayores son los primeros que no se encuentran en el suelo debido a los altos niveles de extracción de la planta, mientras que los nutrientes secundarios y menores son necesarios en cantidades pequeñas y no son tan notables (Aedes, 2006).

Tabla 1

Composición nutricional del biofertilizante líquido acelerado.

COMPONENTES	CONCENTRACIONES
Ph	3.44
Sólidos totales	128.74 g/L
Materia orgánica	101.48 g/L
Nitrógeno total	2 436.0 mg/L
Fósforo total	350.89 mg/L
Potasio total	1 890.0 mg/L
Calcio total	2 947.0 mg/L
Magnesio total	1 290.0 mg/L
Sodio total	660.0 mg/L
Hierro total	144.1 mg/L
Cobre total	2.24 mg/L
Zinc total	6.63 mg/L
Manganeso total	27.23 mg/L
Boro total	3.04 mg/L
Factores de crecimiento (aminoácidos, purinas y vitaminas)	

Nota: Resultado de Análisis - Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes UNALM, 2017

El biofertilizante líquido tiene una composición nutricional que varía según los materiales empleados. Algunos pueden tener concentraciones más altas de nutrientes ricos en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc, manganeso y boro, pero lo más primordial es el uso como bioestimulantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este debe incluir un plan de manejo efectivo y un balance de nutrientes adecuado (MIDAGRI – INIA, 2022)

2.6.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de espinaca

La espinaca requiere un suelo fértil, profundo, con una estructura física buena, una consistencia media y una reacción química equilibrada. También es importante tener un buen drenaje, ya que no debe secarse fácilmente ni permitir que el agua se estanque. Debido a que esta hortaliza requiere un alto contenido de

materia orgánica y nitrógeno para su óptimo desarrollo, el suelo debe ser ligeramente suelto (Boschiero et al., 2023; Murcia et al., 2020).

De hecho, el desarrollo o las condiciones de la planta también dependerán de las características del pH del suelo, ya que pueden ser susceptibles a la clorosis con un pH elevado, pueden presentar enrojecimiento del pecíolo con un pH ligeramente alcalino y mal desarrollo con un pH inferior a 6,5. Sin embargo, la espinaca es resistente a la sal y no tolera suelos demasiado alcalinos. Dado que tienen dificultades en los suelos arcillosos y muy arenosos, también prefieren los suelos ricos en materia orgánica (Mequias & Chávez, 2020).

Tabla 2

Condiciones agroclimáticas del cultivo de espinaca.

CONDICIONES AGROCLIMATICAS	
Altura sobre el nivel del mar	1430 y 2800 m.s.n.m
Humedad Relativa	60 y 75 %
Requerimiento hídrico	800 – 1600 mm/año
Tipo de suelo	Franco o Franco arenoso (contenido de arena superior al 50%)
pH	Moderadamente ácido, entre 5.7 y 6.8
Luminosidad	12 horas de luz

Nota. Tomado de (Programa de apoyo agrícola & agroindustrial et al., 2015).

A. Clima

La espinaca es una planta que se adapta mejor a climas templados y tiende a tolerar temperaturas por debajo de los 0 °C, más conocidas como "heladas". Sin embargo, si este fenómeno persiste, causará lesiones foliares y disminuirá el crecimiento del cultivo. La temperatura mensual mínima debe ser de alrededor de 5°C y el riego de la planta debe ser frecuente y de bajo volumen.

Debido a que las plantas permanecen en la fase de roseta por un corto periodo de tiempo, la producción se puede reducir en gran medida si el calor es excesivo con un largo fotoperiodo. En contraste, las espinacas que se desarrollan en fotoperiodos cortos, pero a temperaturas más altas (15-26°C) Tabla 3, florecen rápidamente y en un porcentaje mayor que las que se desarrollan a temperaturas bajas (5-15°C de media mensual). La sequía puede aumentar rápidamente la producción de espinaca y las lluvias irregulares pueden afectar negativamente la producción adecuada (Jiménez et al., 2010; Serrano et al., 2010).

Tabla 3

Condiciones climáticas óptimas y críticas para espinaca.

FENÓMENO		RANGO/P. CRÍTICO
Daño por congelación		-5 °C
Detiene su crecimiento		5 °C
Germinación		5 °C
Desarrollo vegetativo	Óptima	15 – 25 °C
	Máxima	25 – 30 °C
	Mínima	5 – 7 °C
	Óptima	15 – 18 °C
	Máxima	25 – 30 °C
Humedad Relativa		60 - 70 %

Nota: Relata las condiciones a nivel general que necesita el cultivo de espinaca. Tomado de (Valenzuela, 2016).

B. Luz

El requerimiento de brillo de la espinaca es de 1.500 a 1.700 horas de luz/año, lo que significa que no necesita una exposición excesiva a la luz solar (González et al., 2004). La duración de la fase de "roseta" está significativamente influenciada por la iluminación y la temperatura. Estas espinacas pasan de etapa vegetativa (roseta) luego empieza la fase elongación y producción (formación de tallos y flores) ocurre cuando los días se alargan (más de 14 horas diarias) y las



temperaturas superan los 15°C. Como las plantas pasan muy poco tiempo en la fase de roseta, la producción disminuye si el calor es excesivo y a lo largo del fotoperiodo.

C. Suelo

Según Salazar (2019), un suelo ideal para esta hortaliza es de textura franco arcillo arenoso. Los francos son suelos profundos, con buena permeabilidad debido a su alta absorción, abundante en materia orgánica y generalmente en estado de humificación debido a su ubicación en áreas templadas. Según él, como la espinaca es un cultivar demasiado susceptible a la acidez, no se recomienda sembrar en superficies mineralizados con un pH menor a 6.5, ni en suelos turbosos con un pH de 5.0. Además, indica que el suelo donde se cultiva esta planta debe ser rico en nutrientes (150-100-100), ya que, de lo contrario, la producción de hojas disminuirá (Jiménez, 2010).

Según Salunkhe y Kadan (2004), los suelos francos arenosos o aluviales son ideales para el cultivo de espinaca. Sin embargo, se puede desarrollar en cualquier suelo con un pH entre 7 y 10.5. El pH inferior a 6 no es adecuado para el cultivo de espinaca. Los problemas de clorosis férrica pueden ocurrir en suelos muy alcalinos. De la misma manera, los suelos ácidos producen un enrojecimiento peciolar específico que no se ve afectado por la salinidad (Pachacute, 2016).

El nitrógeno de cobertura se agrega a los cultivos tempranos. Además, es evidente de que la espinaca de invierno necesita un suelo de buen drenaje. Siguiendo prácticas comunes con cultivos de invierno, los fertilizantes fosfatados y potásicos se agregan en el otoño, mientras que estos abonos nitrogenados se agregan a principios de la primavera. Finalmente, se agregó que es susceptible a



una deficiencia de magnesio. La espinaca crece bien en una amplia gama de suelos, pero prefiere los franco-arenosos, fértiles y bien drenados. Los suelos con un buen drenaje son más adecuados para la producción invernal, por lo que los suelos demasiado arcillosos no son recomendables para su cultivo (Pachacute, 2016).

D. Agua

Aunque la espinaca necesita humedad en el suelo para crecer rápidamente, teme un exceso de agua. Los riegos deben realizarse con frecuencia y con un volumen reducido. Esta hortaliza responde bien a los riegos por aspersión. Dependiendo del tipo de suelo y la época del año, se pueden aplicar de 4 a 6 riegos con un intervalo promedio de 17 días (Flórez, 2010).

E. Humedad relativa

El desarrollo de los tallos florales se acelera debido a la falta de humedad, particularmente cuando los días son largos y las temperaturas altas (Niño, 2019).

2.6.3. Manejo agronómico del cultivo de espinaca

- Preparación de terreno

Se comienza identificando las áreas o parcelas apropiadas para el cultivo de espinaca, tomando en cuenta variables como la altitud, la inclinación del terreno, la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad, entre otras. Por el contrario, se debe tener en cuenta los requisitos del cultivo de espinaca y que el terreno sea adecuado (Valenzuela, 2016). Después de eso, se debe comenzar a preparar el suelo al menos 15 días antes de la siembra.



Se llevan a cabo dos momentos diferentes de arado durante ese lapso de tiempo, según sea necesario. En la etapa primaria, se lleva a cabo una operación para descompactar el suelo con el objetivo de facilitar el crecimiento adecuado de las raíces y su drenaje adecuado, generalmente se lleva a cabo a una profundidad de 20 a 35 cm. Sin embargo, en la segunda, se utiliza el implemento rastra sobre el suelo a una profundidad de ocho centímetros para nivelar, soltar terrones y mullir el suelo para prepararlo para la siembra (Marhuenda & García, 2017).

Bajo el principio mencionado anteriormente, mejora significativamente la aireación del suelo y la uniformidad de la fertilización previa a la siembra. Se recomienda realizar un paseo con el rastrillo dos a tres días antes de la siembra para eliminar posibles compactaciones causadas por la maquinaria u otros factores, así como para controlar mejor las malas hierbas a la hora de la germinación (semilla): La medida ideal para las camas de siembra es de 10 a 15 cm de alto y 120 a 150 cm de ancho (Jiménez et al., 2010).

- Siembra

En la siembra por trasplante, se debe tener en cuenta que las plántulas utilizadas son completamente seguras, certificadas y de alta calidad. La mayoría de las veces, este producto se transporta al campo y se ubica a una distancia de 15 a 20 cm entre las plántulas. Después, las plantas deben plantarse en el suelo y luego se debe cubrir con material vegetal o mulching toda la base de la planta hasta donde comienzan las hojas bajas. Adicionalmente, existe una alternativa al mulching plástico, ya que el uso de agujeros proporciona la misma cantidad de recubrimiento al suelo con la misma distancia entre plantas. Los agricultores innovadores utilizan el trasplante de plántulas, principalmente varía para cada



variedad, ya que se pueden hacer varios cortes de hoja en la producción. (Rivera & Agredo, 2020).

Los productores tradicionales prefieren sembrar hortalizas directamente con semilla (se siembra directamente en camas preparadas y luego se cubre con una capa de tierra de 1 a 2 cm). La siembra directa en campo directo o la siembra indirecta en almacenamiento son las dos formas en que la espinaca se puede sembrar. Una vez germinado, la espinaca alcanza su tamaño ideal para poder ser trasplantada en el campo. En caso de siembra directa, la profundidad de siembra será de alrededor de 2,5 cm y el espaciamiento variará de 10 a 30 cm dependiendo de la variedad (Apaza, 2019).

- Control de malezas

La espinaca es muy sensible al uso de herbicidas y es un mal competidor contra las malas hierbas, ya que al haber presencia de malas hierbas se aumenta la probabilidad de ataques de plagas y enfermedades contra la espinaca. En las zonas productoras del país se reportan altamisa (*Artemisia vulgaris* L.), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), cenizo (*Chenopodium album* L.), lengua de vaca (*Rumex obtusifolius* L.), hierba gallinera (*Stellaria media*), trébol (*Trifolium repens* L.), ortiga (*Urtica dioica*), verónica (*Veronica persica*), gualola (*Polygonum segetum*), guasca (*Galinsoga parviflora*), rábano (*Raphanus raphanistrum*), diente de león (*Taraxacum officinale*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El manejo de malas hierbas debe considerar las causas de su desarrollo. El retiro manual es la principal forma de control, ya que evita que lleguen a floración, lo que reduce la cantidad de semillas que caen al suelo (Apaza, 2019; Programa de apoyo agrícola & agroindustrial et al., 2015).



- Fertilización

Según Salunkhe y Kadan (2004), agregar materia orgánica al suelo puede causar la inmovilización de N porque aumenta la población microbiana. Según investigaciones, si los desechos orgánicos presentes en el suelo contienen menos del 1,5 % de N, o una relación de carbono/nitrógeno (C/N) de 25 o más, se origina la paralización del material. Si el contenido de N de estos desechos excede el 1,5 %, la reacción predominante es la mineralización. La extracción de nutrientes de la espinaca varía significativamente según el ciclo de cultivo, la variedad, el marco de siembra y otros factores, generalmente, la fertilización debe ajustarse de acuerdo con la siguiente proporción de N - P - K: 3-1-3. Aunque habrá que tener en cuenta la fertilidad del suelo, el suministro de fertilizantes debe ser muy rico y abundante (Agroes, 2018).

Se recomienda implementar un sistema de riego por aspersion en el establecimiento del cultivo durante la primera semana para inducir la germinación de la semilla (en el caso de la siembra directa) y mantener la vitalidad de las plántulas para el trasplante (Naturales & Paz, 2018). Antes de preparar el terreno, se realiza la fertilización teniendo en cuenta las características fisicoquímicas obtenidas de las pruebas de laboratorio y las necesidades nutricionales de la espinaca, como se muestra en la Tabla 4.

Además, es necesario determinar la fecha adecuada para aplicar los nutrientes. Por ejemplo, durante las tres semanas previas al aumento de peso (peso en seco), la espinaca necesita más nutrientes, por lo que es necesario reforzar la planta con los fertilizantes necesarios. El fertirriego es el método ideal para aplicar fertilizantes (Citak & Sonmez, 2010; Valenzuela, 2016).

Tabla 4

Extracción de macro elementos por la espinaca en kg/ha.la⁻²

N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S
120	4	200	116	35	8

Nota. Modificado de (Bonilla et al., 2011).

Según Agronet (2019), el nitrógeno (N), uno de los elementos más comunes en la tierra, se obtiene principalmente del suelo en forma de nitratos y amonio. También es parte de la clorofila y es responsable del color verde de los tallos y las hojas de las plantas. La urea, un compuesto nitrogenado derivado del amoníaco, tiene un contenido de nitrógeno del 56% y participa en el metabolismo de las plantas, por lo que es uno de los fertilizantes más utilizados en la agricultura.

El DAP, también conocido como hidrógenofosfato de amonio o fosfato diamónico, es una fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) para las plantas. Como resultado de su alta solubilidad, se disuelve rápidamente en el suelo, lo que permite que las plantas liberen el fosfato y el amonio que están disponibles para su absorción.

Para satisfacer las demandas de fósforo (P) de las plantas, se requiere una gran cantidad de fertilización. Esto se debe a que el fósforo (P) es un elemento de baja concentración y movilidad en el suelo, por lo que los planes de fertilización deben considerar la aplicación para el cultivo, en este caso la espinaca. Este componente ayuda en el crecimiento, la división celular, la elongación radical, el desarrollo de semillas y frutos, así como en la madurez temprana. Esta es una de sus funciones más importantes (Pineda, 2014).

Uno de los macronutrientes más importantes y abundantes después del nitrógeno, el potasio (K) está relacionado con más de 60 enzimas, la fotosíntesis



de las plantas y el movimiento de sus productos, es decir, "fotosintatos" a "semillas" de los órganos de almacenamiento, el estrés, la resistencia a patógenos nocivos y la economía del agua. Además, se utiliza con frecuencia a finales de su desarrollo en cultivos, durante el llenado o las fases intermedias (Jiménez et al., 2010).

El sulfato de zinc es uno de los fertilizantes más utilizados porque funcionan como activadores enzimáticos para las plantas. Participan en la producción de fitohormonas PPAL/IAA y mejoran la salud de las plantas mejorando su defensa contra enfermedades y plagas (Agronet, 2019). Es vulnerable a las deficiencias de boro (B), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) en cuanto a elementos menores. En las condiciones de la sabana de Bogotá, es común que se presente una deficiencia de manganeso, por lo que es necesario aportar el elemento agregando sulfato de manganeso ($MnSO_4$) antes del trasplante (Solano, 2015).

2.6.4. Riego en cultivo de espinaca

Para evitar el estrés hídrico, que puede dar lugar a exceso o falta de agua, causando pérdidas en la producción, es necesario establecer el riego de la espinaca junto con las precipitaciones de la región. La planta recibe el agua que necesita de esta manera (Programa de apoyo agrícola & agroindustrial et al., 2015).

En el cultivo de espinaca, se recomiendan dos métodos de riego: por aspersión o por goteo. El método se elige según el lugar y las condiciones y mejorará la salud del cultivo al fomentar la germinación de la semilla, examinar la pérdida de turgencia y prevenir el estrés en la planta. Cualquier sistema de riego debe realizar dos aplicaciones diarias durante la primera semana durante dos horas

cada una. Una vez desarrollada la planta, se realizan dos aplicaciones diarias durante una hora cada una, de acuerdo con el ambiente del lugar (Programa de apoyo agrícola y agroindustrial et al., 2015).

2.6.5. Plagas en cultivo de espinaca

Según Sangay (2022), los insectos plaga afectan principalmente a la espinaca durante las dos semanas a su emergencia

- El nematodo de la remolacha (*Heterodera sczachtii* Smith) provocan el marchitamiento de las plantas a través de las protuberancias.
- Los pulgones como *Aphis fabae* Scop y *Myzus persicae* Sulz. Las colonias se desarrollan en la parte inferior de las hojas, lo que provoca la crispación del follaje. Si el desarrollo de la espinaca está muy avanzado y la recolección está cerca, un ataque de pulgón puede arruinar todo el proceso de producción debido a la apariencia desagradable de la hortaliza.

2.6.6. Enfermedades en cultivo de espinaca

Según las manifestaciones de parte de Sangay (2022) indica:

- El mildiu de la espinaca, también conocido como *Peronospora spinaceae*. El haz tiene manchas alrededor de color verde pálido que luego se vuelven amarillas. Estas manchas tienen un tono gris violáceo en el envés. Se produce en condiciones de alta humedades relativas.
- La presencia de *Pythium baryanum* hace que los follajes se marchitan y se vuelvan cloróticos. La raíz primordial está necrosada desde la punta prolongándose de 8–10 mm del cuello.
- Virosis.



- Virus de los pepinos: presenta síntomas como mosaicos y cloróticas. Se transmite a través de pulgones.
- Un mosaico de remolacha Síntomas: presenta levemente manchas claras en las hojas por debajo del milímetro con puntos necrosados en el centro. Se transmite a través de pulgones.

2.6.7. Características físicos-químicas y organolépticas

El color y el tamaño de las hojas de la espinaca varían según la variedad y el método de siembra, pero al trasplantar las plántulas a una distancia uniforme y con las condiciones de luz controladas, aire y disputa de nutrientes, es posible obtener un tamaño similar de las hojas. Tiene un alto contenido de agua (90 %) y un bajo nivel de carbohidratos y grasas. También contiene una gran cantidad de vitaminas, principalmente vitamina A y vitamina C. Además, sus altos niveles de minerales como el potasio, el calcio, el fósforo y el hierro lo hacen único (Niño, 2009).

Tiscornia (2009), dice que las espinacas hervidas tienen 53 calorías por 100 gramos, pero pierden vitaminas A, B y B2, pero no la vitamina C o el ácido ascórbico. En medicina, la espinaca actúa como un laxante natural, y su elevado contenido de hierro la hace un alimento beneficioso para combatir la anemia. Por otro lado, la espinaca de igual modo tiene un alto volumen en ácido oxálico, el cual se compone con el calcio para formar cristales de oxalato de calcio, por lo cual puede causar cálculos y reducir la disposición de magnesio y hierro en la dieta. Además, se ha relacionado con la enfermedad metohemoglobinemia, causada por la aglomeración de nitratos.

Según INVUFEC (2000), antiguamente se consideraba a la espinaca como la mejor hortaliza por su valor nutritivo y su riqueza vitamínica, pero estudios han demostrado que el brócoli es la hortaliza más nutritiva. A pesar de esto, aún se reconoce a la espinaca como una de las hortalizas con más vitamina A, y destaca por su alto índice de calcio, fósforo, hierro, potasio y sodio.

Tabla 5

Contenido nutricional del cultivo de espinaca en 100 gramos

COMPONENTE	CONTENIDO
Energía	22 (Kcal)
Agua	90 (%)
Proteínas	2.9 (g)
Grasa	0.4 (g)
Carbohidratos	3.4 (g)
Fibra	3.2 (g)
Potasio	558 (mg)
Magnesio	79 (mg)
Vitamina A	469 (mg)
Vitamina C	28.1 (mg)
Betacarotenos	5626 (mg)
Fósforo	27 (mg)
Calcio	94 (mg)
Sodio	79 (mg)

Nota: Jiménez (2010)

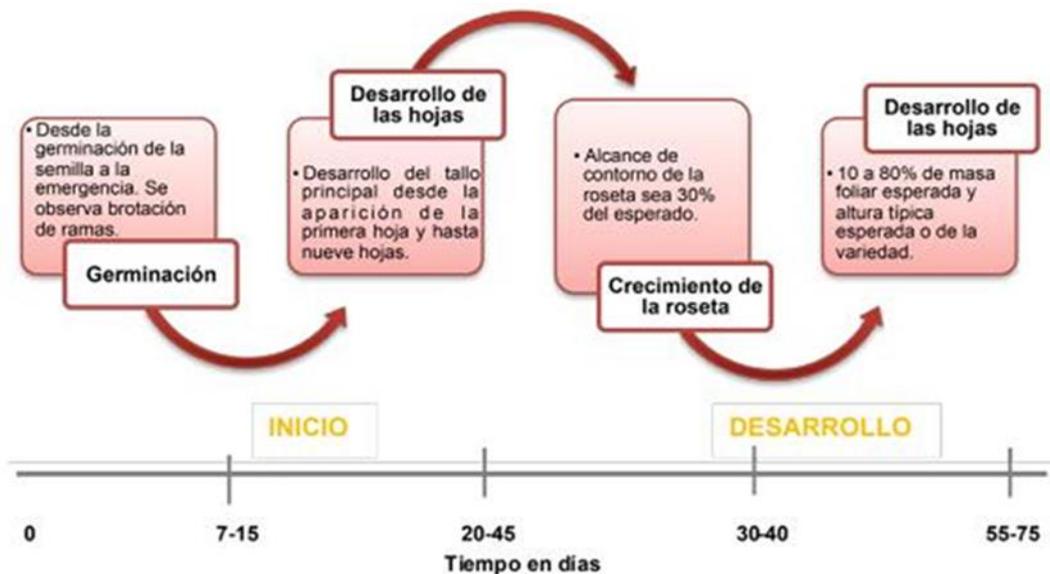
2.6.8. Ciclos fenológicos del cultivo de espinaca

El ciclo de la espinaca comienza con la germinación de la semilla, que puede ocurrir debajo una capa o directamente en el campo. Luego, ocurre el desarrollo de las hojas, que es el órgano más importante y que determina su ciclo final, que es la recolección. La planificación de la recolección esta influenciada por la variedad de la planta y su crecimiento en términos de tamaño y número de hojas. Debido a las variedades de preferencia de los consumidores en los diferentes mercados de espinacas, este proceso está enfocado en la comercialización.

La espinaca es resistente al sol intenso. Sin embargo, una exposición elevada no mejora el sabor. La zona húmeda y rica en materia orgánica favorece el crecimiento en Colombia, ya que su ubicación geográfica permite la producción de espinaca a lo largo del año. Sin embargo, es aconsejable realizar la siembra durante temporadas de baja densidad de lluvias y establecer un plan de riego adecuado (Flórez, 2010).

Figura 2

Fases de la fenología del cultivo de espinaca



Nota: Flórez (2010)

Figura 3

Calendario de plantación y recolección del cultivo de espinaca

E. Seca	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E. Lluvia	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mes												
Siembra	■	Labores Culturales			■	Cosecha		■				

Nota: Flórez (2010)



2.6.9. Cosecha y postcosecha del cultivo de espinaca

A la hora de cosechar hortalizas, el productor debe tener claro cuál es el destino del producto y cosechar cuando complete su ciclo o alcance el tamaño y las características deseadas por el cliente. En cuanto al mercado destino, es aquel que se cosecha una vez y se produce en fresco. Se requieren hojas más lisas, altura, tamaño y peso. En Colombia, el peso medio de las hojas a cosechar oscila entre 180 y 250 g, dependiendo de la variedad. La variedad Baby cosecha entre 10 y 11 hojas (Parwada et al., 2020).

Valenzuela (2016), afirma que se muestra que el ciclo de cultivo en fresco tarda de cincuenta y cinco a setenta y cinco días después de la siembra, mientras que el tipo Baby se cosecha precoz entre los treinta y cincuenta y cinco días. La recolección se puede realizar de dos formas:

Recolectar manualmente: es mejor hacerlo por la mañana sin riego o lluvia previa, ya que aumenta la turgencia en las hojas, lo que las hace más susceptibles a daños mecánicos o desarrollo de patógenos. Se recolecta hoja a hoja, de la más desarrollada a la más joven, cortando el peciolo con la uña lo más bajo posible. Se hacen aproximadamente 5 a 6 pasadas, dependiendo del cliente. Se cosecha entera, cortando la parte baja de la roseta de hojas a 1 cm bajo tierra en este caso excepcional.

Post cosecha: Considerando lo dicho anteriormente, es esencial prolongar la vida útil del producto porque, después de la cosecha, el producto debe trasladarse al centro de acopio para pesaje, inspección sanitaria y registro. Posteriormente, se realiza la selección en mesas especializadas para evaluar el estado de las plantas,



incluida la presencia de signos de enfermedades y plagas, así como la homogeneidad de las hojas, el tamaño y el color (Valenzuela, 2016).

2.6.10. Producción del cultivo de espinaca

Entre 2000 y 2014, la producción mundial de hortalizas aumentó un 48,7 % y alcanzó 1.160 millones de toneladas. El principal proveedor es Asia con el 72 % de la producción, seguida por Europa con el 11 %, América con el 9 % y África con el 6 % (Ministerio de Agricultura & Desarrollo Rural, 2015).

En Colombia, Grenell y Quinto son las variedades más populares, pero también hay otras como Corona, Bolero, Viroflay, Sapporo y Marimba. En 2021, se determinó que la producción de hortalizas a pequeña escala (de 1/2 a 10 ha) es riesgosa. Los departamentos de Cundinamarca (18 %), Boyacá (15 %), Antioquia (11 %) y Nariño representan el 55 % del área total cosechada de hortalizas (Ministerio de Agricultura & Desarrollo Rural, 2021).

2.7. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE ESPINACA

(Spinacia oleracia L.)

La producción extensiva produce alrededor de 10 000 kilogramos por hectárea, mientras que, en el cultivo intensivo, donde las plantas se cortan, se pueden obtener de 15 a 20 000 kilogramos por hectárea. Además, se señala que el rendimiento varía según la región y está influenciado por el período de recolección. Los cultivos primaverales más precoces pueden cosechar en promedio 20 000 kg ha⁻¹, mientras que las recolecciones invernales pueden cosechar en promedio 15 000 kg ha⁻¹ (Lozano, 2010).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El estudio actual se llevó a cabo en el Centro Poblado de Salcedo, ubicada en la provincia de Puno, departamento de Puno, en la región Sur del país. Se encuentra en las coordenadas $15^{\circ} 52' 21.5''$ S, $70^{\circ} 00' 18.5''$ O a 3857 metros sobre el nivel del mar. Cubre áreas de la vertiente sur del Altiplano en diferentes altitudes, incluyendo la planicie y los valles interandinos de la sierra. La precipitación promedio anual registrada es de 700 mm, y las temperaturas oscilan entre 1.4 y 22°C entre junio y noviembre (Gobierno Regional Puno, 2016).

Figura 4

Ubicación de la zona de investigación



Nota: Elaboración propia.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Análisis físico-químico del suelo y agua de riego experimental

El análisis fisicoquímico del suelo y agua para riego para campo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos, Agua y follajes de INIA-Illpa Puno, del cual se obtuvieron lo que se muestran en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6

Análisis físico – químico del suelo del estudio

DETERMINACIONES	RESULTADOS	CLASIFICACIÓN
Caracterización de propiedades del suelo		
Arena (%)	30.16	
Arcilla (%)	16.56	Franco limoso
Limo (%)	53.28	
CO ₃ Ca	0.00	Nulo
Materia orgánica (%)	1.10	Bajo
N total (%)	0.04	Bajo
Caracterización de estado de fertilidad y condiciones del suelo		
Ph	7.49	Alcalino
C.E. (mmhos/cm)	1.45	
P disponible (ppm)	0.18	Bajo
K disponible (ppm)	357.41	Alto
Al (me/100g)	0.00	Nulo
Ca (me/100g)	19.00	
Mg (me/100g)	3.50	
Na (me/100g)	0.13	
K (me/100g)	0.26	
CIC (me/100g)	23.60	
Suma Cationes	22.89	

Nota: Laboratorio de Suelos, Aguas y Follajes INIA – Illpa - Puno

Tabla 7*Análisis físico – químico del agua de riego del estudio*

DETERMINACIONES	RESULTADOS	
pH	8.02	
C.E.	217.00	25°C(uS/cm)
Sales totales	110.00	(gr/l)
Dureza total	14.02	(CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total		(CaCO ₃)
R.A.S	0.08	
S.C.R.	-2.34	
Temperatura		(°C)
Oxígeno		(mg/l)
CATIONES	meq/l	mg/l
Calcio	1.70	34.06
Magnesio	1.10	13.37
Potasio	0.65	25.41
Sodio	0.10	2.30
TOTAL	3.55	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	0.62	21.98
Sulfatos	0.82	39.38
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	0.46	28.06
TOTAL	1.90	
OTROS	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0.90	173.6

Nota: Laboratorio de Suelos, Aguas y Follajes INIA – Illpa - Puno

3.2.2. Insumos y preparación de biofertilizante líquido acelerado

Los insumos utilizados para preparar 100 litros de biofertilizante líquido acelerado fueron: 40% de estiércol de vacuno, 40% de suero láctico de leche, 10% de consorcio microbiano Garlac y 10% de melaza.

El procedimiento para la producción o preparación del biofertilizante líquido acelerado se tomó en consideración el manual Técnico de MIDAGRI - INIA (Reynoso et al, 2022), lo cual fue de la siguiente manera:

- Uso de vestimenta, mascarilla, guantes, mameluco y botas de jebe.



- Preparar el extendido con dos Litros de Garlac, dos litros de melaza, dieciséis litros de agua (mantener cerrado por 10 días)
- En otro cilindro de cien litros añadir 40% de estiércol fresco de vacuno, 40% de suero de leche y 10% de melaza y agitar
- En el mismo envase de cien litros añadir 20 L. (10%) del extendido del de Garlac, remover hasta tener una mezcla homogénea
- Cerrar herméticamente el cilindro por un periodo de 10 días para su proceso de fermentación. Nota: dejar unos 10 cm de espacio más abajo de la tapa.
- La producción del biofertilizante se realiza de forma manual con ayuda de guantes, separando la parte líquida y sólida.
- Envasar en un recipiente la parte líquida para su uso o comercialización.
- El biofertilizante se puede mantener por meses en un ambiente frío.
- El análisis se desarrolló en el laboratorio de Suelos, Agua y follajes de la EEA de INIA-IIIpa Puno, se obtuvieron los resultados similares que se muestran en Tabla 8 en comparación a la Tabla 1.

Tabla 8

Análisis de biofertilizante líquido acelerado

DETERMINACIONES	BIOFERTILIZANTE
Nitrógeno (%)	3.00
Materia orgánica (%)	6.13
Fosforo (%)	4.26
Potasio (%)	1.77
Calcio (%)	0.39
Magnesio (%)	0.20
Zinc (%)	0.16
Mn (%)	0.004
Cu (%)	0.02
B (%)	0.00
CE (mS/cm 25°C)	14.50
pH	4.14

Nota: Laboratorio de Suelos, Aguas y Follajes INIA – Illpa – Puno

3.2.3. Datos meteorológicos

Los patrones de temperatura ambientales para el año 2023 corresponden a un clima templado a frío, con temperaturas máximas de 15.4 a 19.06 °C y temperaturas mínimas de -3.54 a 6.92 °C. En cambio, las temperaturas promedio en la zona de estudio fueron de 11.1 a 12.96 °C en setiembre y octubre Tabla 9; sin embargo, la humedad relativa ambiental durante todo el año 2023 fue de 73,81 a 83,32 %, con un aumento en febrero y un descenso en noviembre (SENAMHI, 2023).

Tabla 9

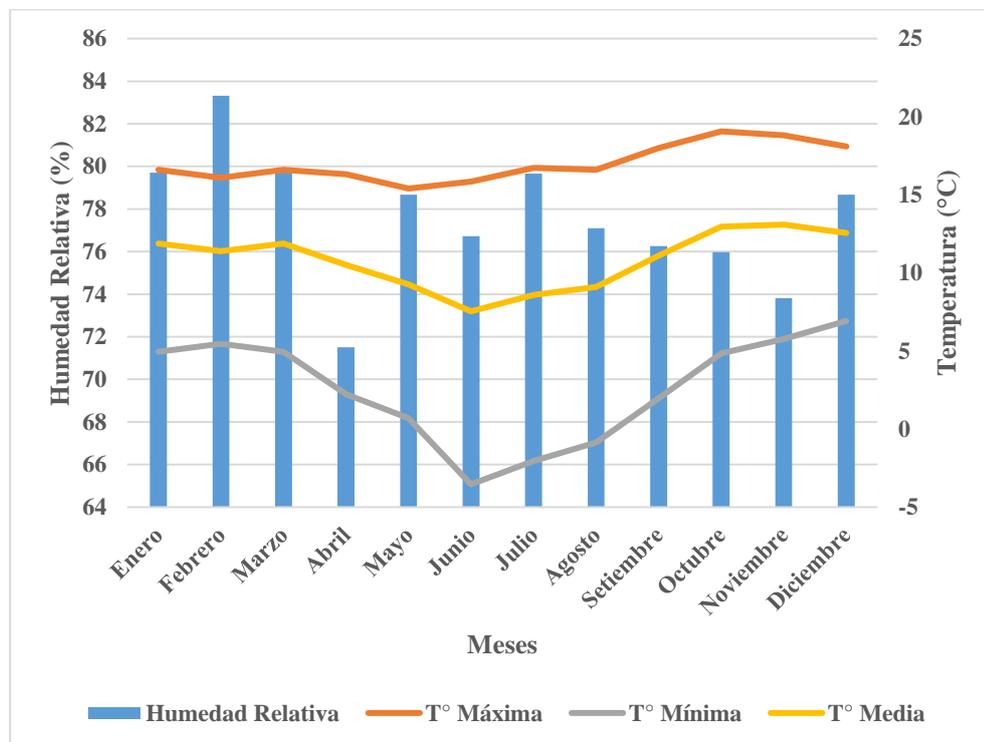
Datos climáticos periodo 2023 del área de estudio

Meses	Humedad Relativa Promedio (%)	Temperatura (°C)		
		Máxima	Mínima	Media
Enero	79.71	16.61	4.94	11.87
Febrero	83.32	16.09	5.46	11.39
Marzo	79.71	16.61	4.94	11.87
Abril	71.51	16.31	2.23	10.51
Mayo	78.67	15.4	0.7	9.27
Junio	76.72	15.85	-3.54	7.54
Julio	79.66	16.72	-2.05	8.59
Agosto	77.1	16.6	-0.85	9.1
Setiembre	76.25	17.99	1.96	11.1
Octubre	75.98	19.06	4.84	12.96
Noviembre	73.81	18.8	5.76	13.09
Diciembre	78.67	18.1	6.92	12.55

Nota: Obtención de base de datos climáticos de SENAMHI – Puno

Figura 5

Gráfico de datos climáticos periodo 2023 del área de estudio.



Nota: Elaboración propia

3.2.4. Material vegetal de espinaca

Se requirió un total de 384 plántulas de espinaca (*Spinacia oleracia* L.) var. Viroflay formaron la población de estudio. En el campo experimental, hubo 4 tratamientos con 4 repeticiones y cada unidad experimental tubo 24 plantas, donde se tomó una muestra de 8 plantas de cada unidad experimental por el efecto borde de las diferentes dosis que se aplicó para así realizar una buena evaluación de datos. La espinaca (*Spinacia oleracia* L.) tienen hojas anchas y un ciclo corto de color verde oscuro. La recolección podría iniciar entre los cuarenta y sesenta días después de la plantación.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Diseño estadístico del experimento

El estudio utilizó un diseño cuadrado latino (DCL) conformado de cuatro tratamientos (0.5, 1.0, 1.5 litros de biofertilizante líquido acelerado más Testigo) asignados aleatoriamente a las unidades experimentales para controlar la variabilidad y reducir el sesgo, se utilizó para el análisis de varianza y la separación de medias (la prueba de Tukey, $p < 0.05$).

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + C_k + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Valor de la variable.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento, biofertilizante líquido acelerado.



H_j = Es el efecto del j-ésimo hilera.

C_k = Es el efecto del k-ésimo columna

E_{ijk} = Error residual del experimento.

3.3.2. Características generales del experimento

- Unidad experimental
 - Largo : 1 m.
 - Ancho : 1.2 m.
 - Área : 1.2 m²
 - Distancia entre unidades experimentales : 0.2 m
- Área de repetición experimental
 - Número de repeticiones : 4
 - Distancia entre repeticiones : 0.2 m
- Área experimental
 - Largo : 4.6 m
 - Ancho : 5.4 m
 - Área total del experimento : 24.84 m²
- Del cultivo
 - Distancia entre surcos : 25 cm.
 - Número de surcos : 4
 - Distanciamiento entre plantas : 20 cm.
 - Número de plantas por surco : 6



3.3.3. Tratamientos evaluados

El factor biofertilizante es el principal componente de los tratamientos experimentales. La dosis es de 0.5, 1.0 y 1.5 litros de biofertilizante/mochila de 20 litros de agua, junto con el testigo que representa el tratamiento sin aplicación de biofertilizante, que se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Tratamientos experimentales en el estudio.

Tratamientos	Dosis de biofertilizante líquido acelerado (L/mochila de 20 Litros de agua)
B0	Testigo
B1	0.5
B2	1.0
B3	1.5

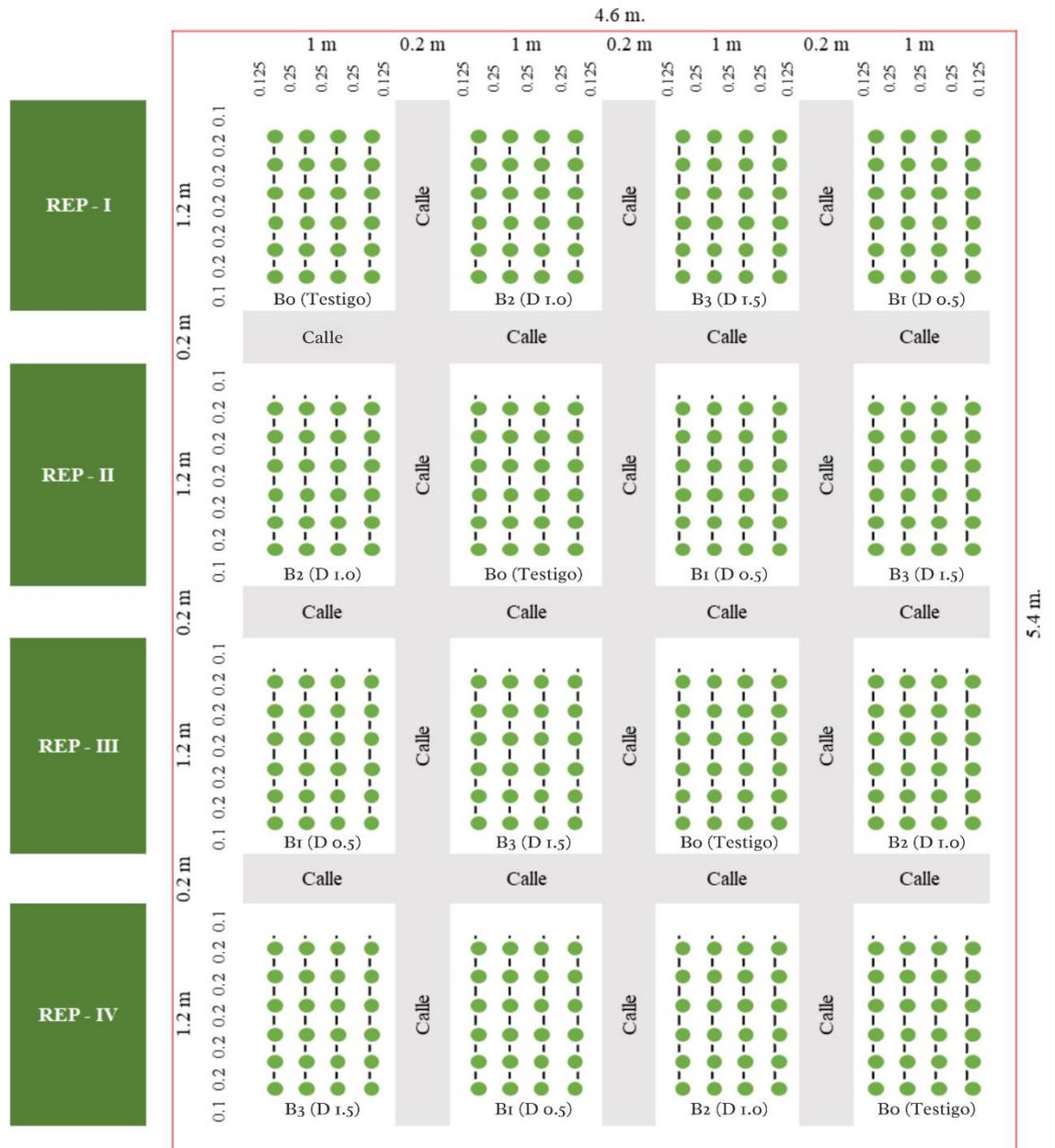
Nota: Elaboración propia

3.3.4. Distribución del experimento

La distribución de los cuatro tratamientos experimentales del estudio (B0, B1, B2 y B3) se realizó de forma aleatoria en cada replica. Cada replica consistió en 16 unidades experimentales y la distribución de las plantas por unidad experimental como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Croquis de distribución de las plantas por unidades experimentales



Nota: Elaboración propia

3.4. ESTABLECIMIENTO Y MONITOREO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Muestreo de suelo experimental

Se empleó el método de zigzag para recolectar muestras de suelo, de las cuales se obtuvieron 16 submuestras para su mezcla. Luego, se dividieron en



cuatro partes iguales para obtener una muestra representativa de 1 kg de suelo. Esta muestra fue enviada al Laboratorio de Suelos, Agua y Follaje de EEA Salcedo INIA en Illpa, Puno.

3.4.2. Acondicionamiento del área experimental

La malla rashel y los rollos de eucalipto constituyeron la estructura del área experimental Anexo 15. Con el objetivo de reducir y prevenir principalmente altas corrientes de viento y plagas y enfermedades, que se presentó durante el estudio.

3.4.3. Preparación del terreno

La preparación del suelo fue crucial y se llevó a cabo de manera tradicional con picos y lampas, removiendo y mulliendo la capa arable del suelo dentro del ambiente acondicionado. Luego, en cada unidad experimental se limpiaron los desechos vegetales y se niveló la superficie del terreno.

3.4.4. Trazado del campo experimental

Cada unidad experimental se le asignó sus áreas de tratamiento de acuerdo con las medidas correspondientes, según un plan que incluyó sus pasadizos y calles Anexo 16.

3.4.5. Trasplante

El trasplante se llevó a cabo manualmente el 16 de septiembre de 2023 con plántulas de espinaca a una separación de 20 cm entre plantas y 25 cm entre los surcos y a una profundidad promedio de 5 cm. Después de haber delimitado y marcado las parcelas en líneas o surcos adecuados, se completó esta tarea.



3.4.6. Riegos

Durante la primera semana desde la instalación del experimento, se aplicaron riegos cada dos días. Después, el riego cambió debido a las variaciones en el clima, la temperatura y la humedad del suelo. Es decir, durante todo el desarrollo del cultivo, los riegos fueron aplicados con frecuencia y ligeramente cada dos a tres días, pero no fueron excesivos. La formación de tallos florales es acelerada por las sequias y el aumento de la temperatura (Arias et al., 2010).

3.4.7. Aplicación del biofertilizante líquido acelerado

La aplicación se realizó vía foliar con una frecuencia relativamente variable en días después de la siembra y hasta una semana antes de la cosecha. Las dosis utilizadas en el estudio fueron 0.5, 1.0 y 1.5 litros de biofertilizante líquido acelerado. El micro aspersor fue el método conveniente para no dañar el suelo ni las plantas, por lo que se utilizó Tabla 11.

Respecto al cronograma de aplicación de biofertilizante líquido acelerado fue de la siguiente manera:

Tabla 11*Cronograma de la dosificación de biofertilizante por tratamiento*

Tratamiento	1° aplicación (a los 08 días)	2° aplicación (a los 26 días)	3° aplicación (a los 41 días)
B0	Sin Biofertilizante	Sin Biofertilizante	Sin Biofertilizante
B1	0.5 L de Biofertilizante + 19.5 L de agua	0.5 L de Biofertilizante + 19.5 L de agua	0.5 L de Biofertilizante + 19 L de agua
B2	1.0 L de Biofertilizante + 19 L de agua	1.0 L de Biofertilizante + 19 L de agua	1.0 L de Biofertilizante + 19 L de agua
B3	1.5 L de Biofertilizante + 18.5 L de agua	1.5 L de Biofertilizante + 18.5 L de agua	1.5 L de Biofertilizante + 18.5 L de agua

Nota: Elaboración propia

3.4.8. Labores culturales

El deshierbo es un proceso manual para controlar las malezas, que se realizó manualmente cada 15 días. Esto evita la competencia con el cultivo principal y evita la utilización de químicos, que podrían afectar el área foliar de la espinaca y los microorganismos beneficiosos del suelo. Las malezas más comunes eran el "K'acho" (*Poa annua*) y "Diente de Leon" (*Taraxacum officinale*).

3.4.9. Control de plagas y enfermedades

Tras el proceso de deshierbe, se detectaron pulgones (*Aphis gossypii*), que dañaron levemente la lámina foliar de la espinaca. Sin embargo, al emplear un fungicida hecho en casa (una mezcla de manzanilla, cinco cigarros inka y 25 gramos de jabón en un litro de agua) se eliminó la plaga, así como los daños y no se presentó ninguna enfermedad. Por lo tanto, fue crucial evitar resultados significativos durante el proceso de cultivo.

3.4.10. Cosecha

El cultivo se cosechó a los 52 días después de la siembra, cuando las hojas alcanzaron el tamaño adecuado para su madurez comercial Figura 7. Se recogieron las hojas manualmente cortando la base de las hojas con un cuchillo (Surco & Camacho 2019).

Figura 7

Fotografía que ilustra plantas cosechadas por tratamiento



Nota: Propiamente realizada

3.5. PARÁMETROS EVALUADOS

3.5.1. Altura de la planta

El atributo morfológico de las plantas es la variable de altura, que es sensible a cambios abióticos y bióticos. La altura es un parámetro que corresponde a una variable continua y sus límites extremos. Los límites inferior y superior no son puntos fijos sino relativos, de acuerdo al uso, características o estados de las especies vegetales (Tito, 2021).

Se analizaron las variables cuantitativas de altura semanal en 8 plantas de espinaca por cama, para 32 plantas por tratamiento y 128 plantas en total en los cuatro tratamientos. Las plantas fueron medidas en su totalidad durante el estudio. Las medidas se tomaron en centímetros desde la base hasta el ápice de las hojas

más largas, y los días de medición fueron 8, 26, 41 y 52 días después de la siembra

Figura 8.

Figura 8

Fotografía que ilustra mediciones de altura de la planta (a) inicio, (b) intermedio y (c) al final del estudio.



Nota: Propiamente realizado la aplicación del biofertilizante

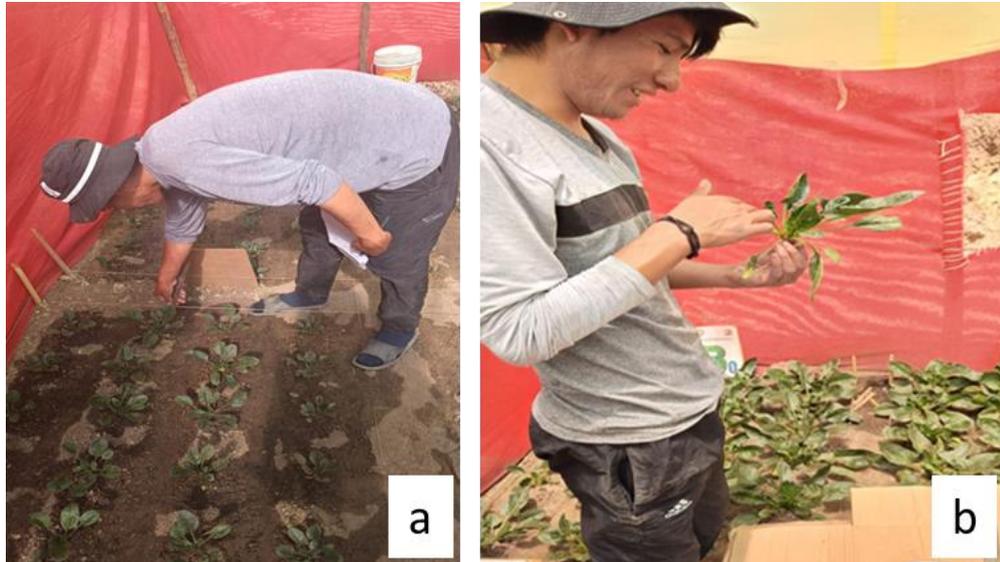
3.5.2. Número de hojas por planta

En relación con la variable del número de hojas del cultivo de espinaca, el uso de biofertilizantes fomenta la síntesis de compuestos orgánicos necesarios para la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos, así como el aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo de la parte aérea, así como el vigor y la fortaleza de la planta (Chilon & Mena, 2018).

Se realizaron cuatro evaluaciones de las mismas plantas para determinar el número de hojas por planta 8, 26, 41 y 52 días después de la siembra Figura 9.

Figura 9

Fotografía que muestra la contabilización de número de hojas por planta (a) al inicio y (b) al momento de la cosecha.



Nota: Propiamente realizado la contabilización de número de hojas por planta.

3.5.3. Rendimiento en peso fresco

Se cosechó en cada parcela a los 52 días en la fase de madurez comercial, estimando el rendimiento y pesando las hojas frescas de cada tratamiento por separado con una balanza analítica, expresando los pesos en gramos por planta
Figura 10.

Figura 10

Fotografía que ilustra (a) pesado por planta y (b) verificación del peso de la planta.



Nota: Propiamente realizado el pesado de plantas de *Spinacia oleracia* L.

Con 128 plantas evaluadas, 8 por cada tratamiento, se pudo determinar el rendimiento de cada tratamiento utilizando el peso fresco de las plantas evaluadas por tratamiento. Sin embargo, para determinar el rendimiento, se tomaron en cuenta la cantidad de producto cosechado (peso fresco) y el área de producción del cultivo. rendimiento por hectárea para cada tratamiento (Fierro et al., 2023).

$$R = PCP \times \frac{\left(10000 \frac{m^2}{ha}\right)}{ANCm^2} = \frac{Kg}{ha}$$

Ecuación 1. Fórmula para determinar rendimiento por hectárea.

Dónde:

R = Rendimiento en kg/ha

PCP= Peso de campo por parcela en kg

ANC = Área neta cosechada



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO SOBRE EL CRECIMIENTO DE ESPINACA (*Spinacia oleracia* L.)

4.1.1. Altura de planta a los 8, 26, 41 y 52 días después del trasplante

Los resultados muestran que, la altura de espinaca si fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), lo que nos indica que los datos obtenidos son confiables. (Anexo 5) en respuesta al biofertilizante líquido acelerado utilizados (0, 0.5, 1.0 y 1.5 litros/20 litros de agua) durante el periodo de producción. La Tabla 12 muestra que a los 8 y 26 días de evaluación después del trasplante la altura aumenta numéricamente cuando la dosis de biofertilizante incrementa. La espinaca (*Spinacia oleracia* L.) siendo mayor numéricamente en dosis (1.5 L.) de biofertilizante con un promedio de 9.10 cm en comparación al testigo 7.58 cm lo que muestra que este parámetro es el más sensible para monitorear la respuesta a la aplicación de biofertilizante en esta especie. Por otro lado, a los 41 días de evaluación nos muestra con mayor altura numéricamente en dosis del (1.0 L.) de biofertilizante con un promedio de 11.95 cm, sin embargo, se observa Tabla 12, en la última evaluación que en la dosis alta (1.5 L), la espinaca muestra un incremento en altura con un promedio de 19.98 cm respecto a testigo con 13.88 cm. Así como se observa en la Figura 11, también para que las plantas inicien un desarrollo vegetativo normal necesitan un mínimo de temperatura media mensual comprendido entre 5° C y 7° C. que se puede ver en la Figura 5. Y una humedad relativa promedio de 75 % que se puede observar en la Tabla 3.

Los resultados muestran que la altura de planta cambia en respuesta a los días los cuales nos muestran en Figura 11, las tendencias en altura se observan que a los 8 y 26 días los incrementos fueron ligeramente proporcional en base a los tratamientos aplicados, sin embargo a los 41 días la tendencia fue lo opuesto lo que podría deberse a que la reducción en altura estaría siendo compensada con el aumento en el área de la biomasa, mientras tanto a los 52 días el incremento fue significativo tomando en cuenta los tratamientos de (1.5 L.) de biofertilizante líquido acelerado/mochila de 20 L de agua.

Tabla 12

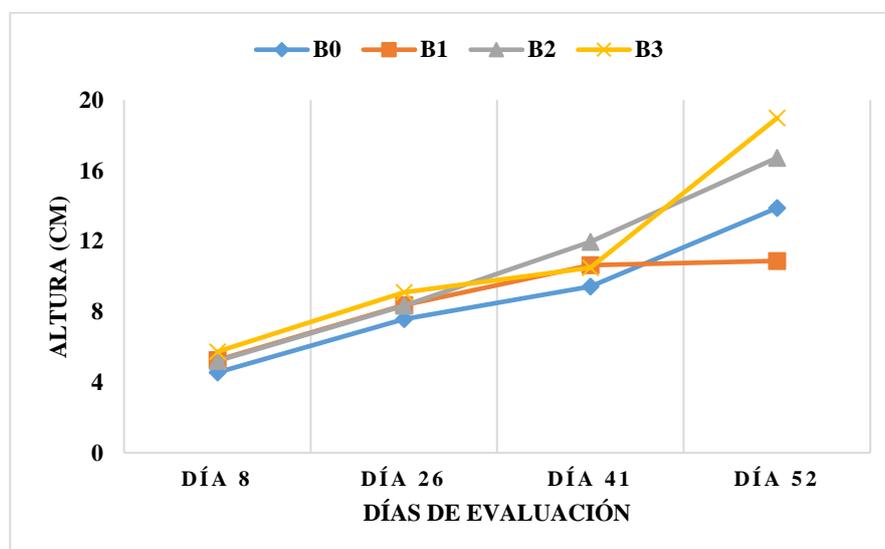
Efecto de biofertilizante sobre altura de planta (cm) de espinaca

Días de evaluación	Dosis de biofertilizante líquido acelerado (L/Mochila 20 L)			
	B1 (0.5)	B2 (1.0)	B3 (1.5)	B0 (Testigo)
8	5.25	5.20	5.73	4.55
26	8.38	8.33	9.10	7.58
41	10.63	11.95	10.50	9.43
52	10.88 ^(a, b)	16.73 ^(a, b)	18.98 ^(a)	13.88 ^(b)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 11

Tendencia del efecto de biofertilizante sobre altura de espinaca



Nota: Elaboración propia



La variable altura de las plantas B3 que recibieron (1.5 L.) de biofertilizante líquido acelerado/mochila 20 L fue significativamente mayor porque los materiales orgánicos promueven y estimulan el crecimiento saludable de las hojas, aumentando la clorofila. Según nuestras variables evaluadas y analizadas, la altura de las plantas fue significativamente mayor porque la fertilización orgánica aumenta la vigorosidad de las plantas, facilita la captura de luz y aumenta la tasa fotosintética (Zhang et al., 2023).

Por el contrario, teniendo en cuenta a los 41 días a mayor cantidad de biofertilizante líquido acelerado aplicado era menos el crecimiento de las plantas, se puede inferir que en aquel periodo de tiempo se ve reducido la estabilidad de los agregados del suelo inhibiendo consigo las reservas de nutrientes y destruyendo la biodiversidad del suelo del microbiota, suprimiendo el papel de las bacterias fijadoras de nitrógeno, por otra parte, esto puede influir en el proceso de fotosíntesis y la eficiente en las plantas, ya que en caso de tener un exceso de nitrógeno se podría presentar un crecimiento vegetativo abundante a costa de la formación de clorofila y fotosíntesis, lo que adicionalmente por el estrés ocasiona una reducción en la tasa fotosintética (Tian et al., 2022). Debido a su umbral de salinidad de 2 dS/m-1, la espinaca se considera una hortaliza moderadamente sensible y puede tener un impacto significativo en la conductancia estomática y mesófila foliar (Ferreira et al., 2020; Leal et al., 2020).

Además, se cree que, debido a un estrés abiótico, hubo un desequilibrio en la planta en B1 (0.5 L de biofertilizante), lo que indica una baja y escasa disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Por lo tanto, durante el tratamiento, las plantas no reciben la nutrición adecuada, lo que resulta en una falta de crecimiento. El estrés abiótico y esta restricción nutricional afectaron



negativamente el crecimiento y la elongación de las plantas. Por el contrario, los tratamientos B2 y B3 estuvieron expuestos al mismo estrés, reflejando un efecto amortiguador frente a la nutrición recibida, por lo que la tasa de crecimiento no se ve afectada y muestran una mejor altura. Esto indica que estos tratamientos crean condiciones más favorables para el crecimiento vegetal, en particular el B3, que tiene una mayor capacidad de proteger el suelo contra los cambios ambientales (Zhang et al., 2020).

4.1.2. Número de hojas a los 8, 26, 41 y 52 días después del trasplante

De igual manera que anterior los resultados en número de hojas de espinaca (*Spinacia oleracia* L.) fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) (Anexo 9) en respuesta al biofertilizante líquido acelerado durante el periodo de producción de biomasa aérea de espinaca. A los 8 días de establecimiento muestra un menor número de hojas en respuesta a los tratamientos con respecto al testigo, mientras que su respuesta a los 26 días después del trasplante fue mayor numéricamente al aplicar (1.0 L.) de biofertilizante Tabla 13. Las dosis de (1.5 L.) de uso determinaron mayor incremento en número de hojas a los 41 y 52 días posterior a su trasplante con respecto a las parcelas no aplicadas biofertilizante. Sin embargo, los datos obtenidos revelan un aumento del número de hojas con la dosis de (1.5 L.) de biofertilizante con un promedio de 17.05 número de hojas con respecto a las parcelas no aplicadas con 13.10. Así mismo nos muestra en Figura 12 que a los 8 y 26 días los incrementos no fueron significativos en base a los tratamientos aplicados, sin embargo, a los 41 y 52 días la tendencia fue lo opuesto lo que podría deberse a que el incremento en número de hojas estaría siendo compensada con el crecimiento y desarrollo de la planta.

Tabla 13

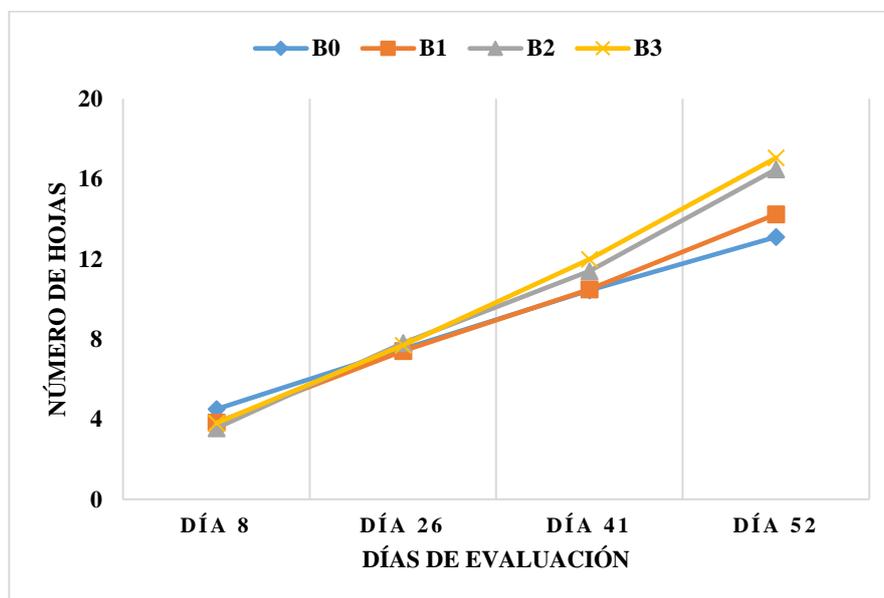
Efecto de biofertilizante sobre número de hojas de espinaca

Días de evaluación	Dosis de Biofertilizante Líquido Acelerado (L/Mochila 20 L)			
	B1 (0.5)	B2 (1.0)	B3 (1.5)	B0 (Testigo)
8	3.83	3.55	3.80	4.50
26	7.40	7.80	7.70	7.50
41	10.48	11.40	11.98	10.43
52	14.23 (a, b)	16.48 (a)	17.05 (a)	13.10 (b)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Figura 12

Tendencia del efecto de biofertilizante sobre número de hojas de espinaca



Nota: Elaboración propia

La comparación de los 8 y 26 días no se presentó evidencia significativa de las plantas en relación al número de hojas. independientemente los productos orgánicos no hacia efecto las mantuvo en este periodo de tiempo con crecimiento foliar similar, puesto que una planta necesita minerales adecuados para procesos fisiológicos claves como la división celular, fundamental para el crecimiento. Una planta con una buena nutrición produce una mayor biomasa por unidad de agua que transpira y con una fertilización adecuada, se puede ver afectado, ya que estos pueden proporcionar un desbalance nutricional por las formas solubles y



concentradas de los nutrientes e interferir en la eficiencia de procesos metabólicos vinculados en la división celular (Uz Zaman et al., 2022), lo que pudo manifestarse a partir de los 52 días, en donde el B3 sobresalió en términos de aumento en número de hojas. Al tener un desarrollo y extensión favorable de sus raíces, las plantas de espinaca con fertilización orgánica pueden estimular la división celular y en general la producción de biomasa al tener un desarrollo y extensión favorable de sus raíces y poder aumentar la absorción de agua y nutrientes en conjunto con el mejoramiento de la estructura del suelo. El crecimiento de nuevos tejidos fotosintéticos será mejorado por la división celular activa en los tejidos meristemáticos. La nutrición adecuada y una división celular activa en estos tejidos son regiones de crecimiento efectivas y continuas en las plantas (Megías et al., 2020).

Además, el desequilibrio de los fertilizantes químicos provoca una alteración del pH del suelo, lo que resulta en un aumento del ataque de plagas y la acidificación. Esto conduce a una disminución del carbono orgánico y de la vida microbiana en el suelo, lo que atrofia el crecimiento y reduce el rendimiento de las plantas, lo que conduce a las emisiones previamente mencionadas de gases de efecto invernadero. (Krasilnikov et al., 2022). El uso de fertilizantes orgánicos, por otro lado, ha logrado aumentar y mejorar significativamente la biomasa de los cultivos, contribuyendo al mantenimiento del suelo y su calidad, pero sin tener un impacto negativo en ningún aspecto del medio ambiente. Esto es comparable al uso de fertilizantes químicos (Wang et al., 2018).

Comparando los resultados obtenidos por (Villalba et al., 2018) quien señala en sentido de aplicación de abonos orgánicos tiene un impacto positivo en número de hojas, logrando obtener hasta 19 hojas con respecto al testigo que



alcanzó 16 hojas a los 60 días. Esto demuestra claramente los beneficios del uso de abono orgánico en el cultivo de espinaca, ya que mejora el suelo con nutrientes esenciales, enriquece la estructura del suelo e impulsa la actividad microbiana, lo que se traduce en un crecimiento más sano y una mayor resistencia de las plantas. Estos beneficios pueden aumentar la biomasa aérea. El biol, un fluente líquido, promueve el crecimiento de las plantas en la zona trofогénica mediante el aumento significativo del área foliar.

4.2. RENDIMIENTO DE ESPINACA (*Spinacia oleracia* L.) BAJO TRES DOSIS DE BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO

4.2.1. Rendimiento (gr/planta) a los 52 días después del trasplante

En resultados presentados en relación al efecto principal, el biofertilizante se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Anexo 10) en espinaca (*Spinacia oleracia* L.) para rendimiento (biomasa aérea) en respuesta a biofertilizante líquido acelerado de 0.5, 1.0 y 1.5 L. En Tabla 14 muestra la dosis de (1.5 L.) de aplicación fue mayor en rendimiento a los 52 días de su trasplante con respecto a los testigos. Por otro lado, en base a la fórmula se determinó el rendimiento en kg/ha (Anexo 11) de los cuales los tratamientos B1, B2 y B3 muestran en orden 2.773,551 kg/ha, 4.030,797 kg/ha y 4.987,319 kg/ha con respecto al B0 2.630,434 kg/ha. Esto sugiere que el B3 fue el más sobresaliente en términos de productividad, en donde se puede afirmar que, al tratarse de una biofertilización orgánica, aporta variedad de nutrientes fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, el análisis de los datos revela un aumento en rendimiento de biomasa foliar en las dosis de (1.5 L.) de

biofertilizante con un promedio de 28.675 g/planta con respecto a las parcelas no aplicadas con 15.125 g/planta.

Estos resultados no esperados podrían explicarse por la presencia inadvertida al momento de la instalación del estudio tomando en consideración el pH del suelo en el área de estudio cedida por la Estación Experimental Agraria de Salcedo – INIA Illpa-Puno. Aparentemente el pH del suelo pudo haber influido de manera significativa con la generación de escenarios de aplicación de biofertilizante en las parcelas en observación.

Tabla 14

Efecto de biofertilizante en rendimiento de espinaca

Parámetro	Dosis de Biofertilizante Líquido Acelerado (L/Mochila 20 L)			
	B1 (0.5)	B2 (1.0)	B3 (1.5)	B0 (Testigo)
Rendimiento (g/plana)	15.950 ^(a, b)	23.175 ^(a, b)	28.675 ^(a)	15.125 ^(b)

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Debido a que el ciclo del carbono, el fósforo, el nitrógeno y el azufre dependen de la vida microbiana presente en el suelo, varios ciclos de nutrientes, dichos microorganismos tienen la función de descomponer residuos orgánicos y degradar compuestos orgánicos, el suelo y la salud de las plantas y de los mismos microorganismos, en donde es natural el uso de fertilizantes orgánicos para activar la microbiota (crecimiento microbiano dado por el contenido total de ácidos grasos, fosfolípidos y carbono de biomasa microbiana y la actividad de hidrolasa en el suelo), como fue el caso del biofertilizante agregado en el estudio (Luan et al., 2020; Luis et al., 2016). La productividad de biol ha sido igual o superior a la de los fertilizantes inorgánicos (Aparcana, 2008).



Por lo tanto, al reducir el estrés de las plantas, se recibe una nutrición más estable. La diferencia entre el B3 y el B1 es que, al ser una fertilización orgánica, tienen un óptimo suministro continuo de nutrientes porque aumenta la protección física y fomenta la formación de macro agregados (biota del suelo) de la materia orgánica. Tian et al., (2022), aumentando su peso fresco, promoviendo el crecimiento vigoroso y dando valor agregado porque la espinaca se vende por su peso y frescura a nivel económico y comercial. Por el contrario, la fertilización química mejora el rendimiento, pero con el tiempo reduce la capa orgánica del suelo, incluida su textura y estructura (Gutiérrez & Arango, 2017).

A los 52 días después de su aplicación, se puede afirmar que el biofertilizante promueve una mayor actividad fisiológica, es decir, un mejor aprovechamiento de los elementos nutricionales favorecidos por la dosis de (1.5) litros por mochila de 20 L, lo que permite un mayor rendimiento por planta. Los resultados fueron similares (Dibut et al., 2010).



V. CONCLUSIONES

- La aplicación del biofertilizante líquido acelerado mostró una respuesta diferenciada en la espinaca (*Spinacia oleracia* L.) var. Viroflay, siendo favorable la respuesta en el crecimiento de la altura de planta, donde se observó que la dosis alta de 1.5 L. resultó incrementar la altura promedio de plantas en 18.98 cm, en comparación con el grupo del testigo, que solo alcanzó una altura promedio de planta de 13.88 cm.
- El tratamiento con biofertilizante líquido acelerado también mejoró la cantidad de número de hojas producidas por planta, en la espinaca (*Spinacia oleracia* L.) var. Viroflay, con la dosis alta del biofertilizante se obtuvo un promedio de 17.05 número de hojas por planta, superando al grupo del testigo, que produjo un promedio de número de hojas de 13.10.
- El uso del biofertilizante líquido acelerado mejoró en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracia* L.) var. Viroflay, las plantas tratadas con la dosis alta del biofertilizante alcanzaron un rendimiento de 4987.32 kg/ha, comparado con el rendimiento del testigo que obtuvo 2630.43 kg/ha respectivamente.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más estudios con diferentes hortalizas de hojas con la aplicación del biofertilizante líquido acelerado sobre el crecimiento favorable de la altura de hojas por plantas.
- Analizar la respuesta adaptativa del biofertilizante líquido acelerado en diferentes hortalizas, para la producción de hojas, así como monitoreo de los periodos de mayor crecimiento en el número de hojas por planta.
- Replicar experimentos con diferentes hortalizas de hojas en el altiplano de puno para evaluar los rendimientos obtenidos con la aplicación del biofertilizante líquido acelerado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, M. (2019). Evaluación del rendimiento y calidad del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) utilizando biol en Chuquibambilla – Grau. Tesis de grado. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Abancay – Perú. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/828>
- Agronet. (2019). Los nutrientes del suelo N, P, K. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Los-nutrientes-del-suelo-N,-P,-K.aspx>
- Aliaga, V. (2014). Influencia de dos fertilizantes foliares en el desequilibrio nutricional. Palo negro. En *Vitis Vinifera* I. var. Italia.” Consultado el 11 de enero del 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/869>
- Arias, L., Espinosa, L., Fuentes, L., Garzón, C., Niño, N., Jiménez, J. & Gil, R. (2010). El cultivo de la espinaca y su manejo fitosanitario en Colombia. Editorial Tadeo Lozano.
- Aparcana, S. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "fermentación anaerobia" para producción de biogás. Lima – Perú. Está accesible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/18545.htm>
- Aedes (2006). Manual de Elaboración de Elaboración de Abono Foliar Biol. Consultado el: 6 de abril de 2020 Recuperado de www.aedes.com.pe/2010.
- Boschiero, M., De Laurentiis, V., Caldeira, C., & Sala, S. (2023). Comparison of organic and conventional cropping systems: A systematic review of life cycle assessment studies. *Environmental Impact Assessment Review*, 102, 107187. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2023.107187>
- Blanco, E. (2017). Efecto de tres dosis de biol en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro de Investigación y Producción – Camacani. Tesis de grado. Puno - Perú. Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7130>



- Barajas, L. N. A. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia*, 2(1), 65–76. Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia
- Bravo, E., Álvarez, T., Armendáris, E., & Almeida, A. (2014). En el laberinto de las semillas hortícolas.
- Bonilla, C. R., Villamil M., J. A., & Reyes, P. (2011). Cartillas del Corredor Tecnológico Cultivando su Futuro [Nacional de Colombia Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA]. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34900>
- Carrasco, K.; Chilon, E. & Mena, C. (2018). Efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en el Centro Experimental Cota. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Bolivia. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000100010&lng=en&nrm=iss
- CIREN CORFO. (2013). Requerimientos de Clima y Suelo. Publicación CIREN N° 85. Santiago, Chile.
- Callizaya F. M. (2007). Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo condiciones de ambiente protegido en el municipio de el alto. Tesis. Universidad Mayor de San Andres Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/5217>
- Colque, T; Rodriguez, D; Mujuca, A; Canahua, A; Apaza, V; & Jacopsen, S. (2005). Producción de biol abono líquido natural y ecológico. Estación Experimental ILLPA – Puno. Perú. Está disponible en: www.quinoa.life.ku.dk.
- Citak, S. & Sonmez, S. (2010). Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Scientia Horticulturae*, 126(4), 415–420. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2010.08.010>
- Chilon, E. & Mena, C. (2018). Efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en el Centro Experimental



- Cota. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Bolivia. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000100010&lng=es&tlng=es.
- Dibut, B., Martínez, R., Ríos, Y., Plana, L., Rodríguez, J., Ortega, M., & Tejada, G. (2010). Estudio de la asociación *Gluconacetobacter diazotrophicus*-viandas tropicales en suelo ferralítico rojo. I. selección de cepas efectivas para la biofertilización de boniato, yuca y malanga. *Cultivos tropicales*, 31(3), 00-00.
- Ferreira, J. F. S., da Silva Filho, J. B., Liu, X., & Sandhu, D. (2020). Spinach Plants Favor the Absorption of K^+ over Na^+ Regardless of Salinity, and May Benefit from Na^+ When K^+ is Deficient in the Soil. *Plants*, 9(4), 507. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants9040507>
- Flórez, M. (2010). Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Producción y Manejo Pos cosecha. Corredor Tecnológico Agroindustrial. Cámara de Comercio de Bogotá. Universidad Nacional De Colombia. Bogotá – Colombia.
- Fierro, S.; Malca, V. Y., & Tandapilco, D. A. (2023). Respuesta agronómica y productiva de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en asociación con espinaca (*Spinacia oleracea*), utilizando tres tipos de abonos orgánicos en la localidad de San Juan de Llullundongo, provincia Bolívar [Universidad Estatal de Bolívar]. Disponible en: <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/5586>
- Gutiérrez, L. A., & Arango, M. J. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos [Corporación Universitaria Lasallista]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/2036>
- HIVOS (2015). Manual de Instalación y Construcción de Biodigestores. Proyecto: “Plan Nacional de Biodigestores: Acceso a Energía en Comunidades, a Partir de la Producción Local de Biogás en Cajamarca”, Realizado por el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) e HIVOS Patrocinado por el Fondo de Acceso Sostenible a Energía Renovable Térmica (FASET).
- Gomero, L. (2000). Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. Esto está accesible en:



http://www.leisa.info/index.php?url=getblob.hp&o_id=75455&a_id=211&a_seq=0

Infoagro. (n.d.). El cultivo de la espinaca. Retrieved February 3, 2024, from <https://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.html>

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). (2008). Producción y uso del biol - Proyecto Perú conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres PER/98/G33. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12955/115>.

INVUFEC (Instituto Nacional de Vulgarización Francés). (2000). La espinaca. Economía, Producción y Comercialización. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Jiménez, J. (2010). El cultivo de la espinaca en Colombia (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia Bogotá. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 116 p.

Krasilnikov, P., Taboada, M. A., & Amanullah. (2022). Fertilizer Use, Soil Health and Agricultural Sustainability. *Agriculture*, 12(4), 462. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture12040462>

Lapa H. (2022). Efecto de la fertilización NPK y microorganismos eficientes en la producción de la espinaca (*Spinacia Oleracea* L) Universidad Nacional de Huancavelica. Tesis.

Leal, L. Y. de C., Souza, E. R. de, Santos Júnior, J. A., & Dos Santos, M. A. (2020). Comparison of soil and hydroponic cultivation systems for spinach irrigated with brackish water. *Scientia Horticulturae*, 274, 109616. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109616>

Lozano, T. (2010). El Cultivo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L) y su Manejo Fitosanitario en Colombia. Universidad de Bogotá Impreso en Colombia

Maroto, J. V. & Baixauli, C. (2017). Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural.

Marhuenda J. A. & García J. (2017). Espinaca. In Cultivos hortícolas al aire libre (pp. 289–301). Disponible en: <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/cultivos-horticolos-al-aire-libre-2.pdf>



- Mamani, J. M. (2016). Evaluación del efecto de la fertiirrigación en el rendimiento de tres variedades (*Spinacea oleracea* L.) en ambiente atemperado en el centro experimental Cota Cota. Universidad mayor de San Andrés. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23231>
- Martin, F. (2003). La Fertilización en la Agricultura Ecológica. Consultado el 16 de marzo 2022. Disponible en: www.agroinformacion.com.
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2020). Tejidos vegetales sostén. Disponible en: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.
- Mequias, C. P., & Chávez Maylle, M. P. (2020). Efecto del abonamiento con fuentes orgánicas en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* var. Viroflay), en condiciones edafoclimáticas en choras, yarowilca, 2020. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Melgar, R. & Díaz, M. (2008). La fertilización de cultivos y pasturas. 2° Ed. Argentina: Hemisferio sur. 548.p
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Cadena de las Hortalizas. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2021-03-30%20cifras%20sectoriales.pdf>
- MIDAGRI. (2022). Manual técnico para la producción de biofertilizante líquido acelerado. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. La Molina 1981, Lima- Perú.
- Murcia, M. A., Jiménez, A. M., González, J., & Martínez, M. (2020). Spinach. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables, 181–195. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00011-8>
- Niño, N. (2009). Enfermedades de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en Cota (Cundinamarca) y Manejo de Mildeo veloso (*Peronospora farinosa*, Byford) Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 3. N° 2. Pp-161-174. Consultado el 5 de octubre de 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/28112>.
- Parwada, C., Chigiya, V., Ngezimana, W., & Chipomho, J. (2020). Growth and Performance of Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown under Different



- Organic Fertilizers. *International Journal of Agronomy*, 2020, 8843906.
Disponibile en: <https://doi.org/10.1155/2020/8843906>
- Pachacute, M. (2016). Efecto del estiércol de ovino y distanciamiento entre plantas en la producción de espinaca (*Spinacia oleraceae* L). Puno- Perú. Universidad Nacional del Altiplano Puno Facultad de Ciencias Agrarias Escuela profesional de Ingeniería Agronómica. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3594>
- Pineda M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15, 101–113. Disponible en: https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:401
- Programa de apoyo agrícola y agroindustrial, Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial, & Cámara de comercio de Bogotá. (2015). Manual de Espinaca. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11520/14310>
- Reynoso, A.; Cosme, R.; Adama, E. & Quispe, M. (2022). Manual Técnico – Producción de biofertilizante líquido acelerado. Instituto Nacional de Innovación Agraria. ISBN: 978-9972-44-088-5. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1673>
- Restrepo, J. (2007). Manual Práctico ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. Biofertilizantes. Preparados y fermentados a base de heces de vaca. 1° ed. Cali - Colombia. Esto está accesible en: <https://agroecologia.org/wp-content/uploads/2016/12/ABC-de-la-Agricultura-organica-Abonos-organicos.pdf>
- Rivera, J. & Agredo, D. (2020). Enfoque a la carta un nuevo ABC de la agricultura (Kindle).
- Rivera, V. (2010). Estudio Cinético de la Digestión Anaeróbica Termofílica de Pollinaza a Escala |. Instituto Politécnico Nacional. México. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9735/1/177.pdf>
- Sangay, H. H. (2022). Eficiencia de tres dosis de biol para mejorar el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* sp.), en el departamento de Cajamarca.



- Salazar, J. B. (2019). Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos y aplicación de microelementos al follaje en el cultivo de espinaca variedad Rushmore (*Spinacia Oleracea*).
- Salunkhe & Kadam, (2004). Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas (p, 441. guisantes). Editorial Acribia – España.
- SENAMHI, (2023). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – Puno. 56 p.
- Serrano, P. G., Lucena, J. J., Ruano, S., & Nogales, M. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Publicaciones.
- Siura, C., Saray, I. & Dávila, S. (2016). Efecto del biol y la rotación con Abono Verde (*Crotalaria juncea*) en la producción de Espinaca (*Spinacea oleracea*) bajo cultivo orgánico. *Anales Científicos*. Vol. 70, no. 1, pp. 1-8. Consultado el: 10 septiembre 2021. ISSN 2519-7398. Está accesible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/64>
- Sistema BioBolsa. (2013). Manual de Biol: Aplicaciones de Biol en diferentes cultivos agrícolas. México.
- Soles M. J. (2019). Influencia de tres dosis de fertilización orgánica (biol) en la producción de espinaca *Spinacia oleracea* L. (*Amarantaceae*) en condiciones del valle de Santa Catalina. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4508>
- Solano, M. (2015). Taxonomía Vegetal. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Suasaca A., Camapaza, C. & Huanacuni, T. (2009). Proyecto mejoramiento de capacidades técnico productivas para la competitividad de los cultivos andinos de papa nativa, haba y cañihua en la región Puno. Producción, Manejo y Aplicación de Abonos Orgánicos. Boletín N°02. Puno – Perú.
- Surco, H. V. Q., & Camacho, E. C. (2019). Efecto de AOLA sobre el rendimiento a diferentes densidades de siembra del cultivo espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en ambiente atemperado en el Centro Experimental Cota. *Apthapi*, 5(1), 1415-1429.
- Tian, S., Zhu, B., Yin, R., Wang, M., Jiang, Y., Zhang, C., Li, D., Chen, X., Kardol, P., & Liu, M. (2022). Organic fertilization promotes crop productivity through



- changes in soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry*, 165, 108533.
<https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2021.108533>
- Tiscornia, R. (2009). *Hortalizas de hojas*. Edit. Albatros. Buenos Aires. Argentina.
- Tito E. (2021). Optimización de la productividad de festuca humilior a diferentes intensidades de uso y precipitación en sierra central. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Disponible: <https://doi.org/10.53719/rca.2022.522>
- Trinidad, S.A. (2010). *Abonos verdes*. SAGARPA, Colegio de Postgraduados. Mexico: Edo De Mexico.
- Uz Zaman, Q., Abbasi, A., Tabassum, S., Ashraf, K., Ahmad, Z., Siddiqui, M. H., Alamri, S., Maqsood, S., & Sultan, K. (2022). Calcium induced growth, physio-biochemical, antioxidant, osmolyte adjustments and phytoconstituent status in spinach under heat stress. *South African Journal of Botany*, 149, 701–711. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2022.06.065>
- Valenzuela, H. (2016). Evaluación del efecto de abonos orgánicos en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*), variedades viroflay, dash en invernadero del centro de investigación y producción Santo Tomas - Abancay [Universidad Tecnología de los Andes]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080915.pdf>
- Valverde, A. J. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), en el distrito y provincia de Pomabambadepartamento de Ancash [Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1041>
- Villalba, C. J., López, R. M., Trinidad, A., Quevedo, A., & Muratalla, A. (2018). Glucósidos en respuesta a dos fuentes de nutrición en *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 411-421.
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? *Journal of Cleaner Production*, 199, 882– 890. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.222>
- Yana V. (2023). Efecto de guano de isla en el cultivo de espinaca (*spinacia oleracea* L.), var. viroflay en invernadero del distrito de nuñoa 2022. Tesis. Universidad



Nacional del Altiplano - Puno. Disponible:
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21066>

Zambrano, A. (2020). Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2929>

Zhang, G., Liu, Q., Zhang, Z., Ci, D., Zhang, J., Xu, Y., Guo, Q., Xu, M., & He, K. (2023). Effect of Reducing Nitrogen Fertilization and Adding Organic Fertilizer on Net Photosynthetic Rate, Root Nodules and Yield in Peanut. *Plants*, 12(16), 2902. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants12162902>

ANEXOS

ANEXO 1. Base de datos de altura, número de hojas y peso fresco de espinaca

Parámetro	Fecha de Evaluación	Replicas	Tratamientos			
			B0	B1	B2	B3
Altura (cm)	24/09/2023	1	4.350	5.863	5.788	6.600
		2	4.388	5.188	4.688	5.625
		3	4.738	5.025	5.288	5.113
		4	4.650	4.875	4.988	5.638
	11/10/2023	1	7.888	11.050	8.625	10.588
		2	7.013	8.025	8.125	11.325
		3	5.575	7.288	8.163	6.700
		4	9.763	7.075	8.375	7.763
	27/10/2023	1	14.638	13.075	13.963	18.363
		2	8.825	11.838	10.850	14.938
		3	9.100	10.413	13.338	8.538
		4	9.500	8.175	9.588	12.925
	7/11/2023	1	17.825	16.800	19.013	21.725
		2	11.213	14.450	16.388	17.900
		3	12.413	13.800	17.075	14.200
		4	14.050	12.375	14.363	22.113
Número de Hojas	24/09/2023	1	4.500	4.750	3.750	4.500
		2	4.250	3.375	3.500	3.500
		3	4.250	3.500	3.625	3.125
		4	4.875	3.625	3.250	4.250
	11/10/2023	1	7.500	8.125	7.750	9.375
		2	7.750	8.375	7.875	9.250
		3	6.250	5.625	8.125	5.000
		4	8.375	7.625	7.375	7.125
	27/10/2023	1	11.000	11.000	12.875	14.500
		2	10.000	12.125	11.125	13.250
		3	10.625	9.750	12.000	10.500
		4	10.125	9.000	9.625	9.625
	7/11/2023	1	14.250	13.875	19.125	20.125
		2	12.250	15.500	14.375	16.125
		3	13.250	14.625	18.250	17.125
		4	12.500	12.875	14.125	14.875
Peso Fresco (g/Planta)	7/11/2023	1	17.125	16.500	34.250	44.625
		2	10.625	19.625	20.625	25.750
		3	11.875	14.250	20.750	18.250
		4	20.875	13.375	17.000	26.000

Nota: Elaboración propia



ANEXO 2. Análisis de varianza (ANVA) para altura de 8 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	1.21505319	0.40501773	2.84	0.0978	Ns
Columnas	3	2.96783769	0.98927923	6.95	0.0102	*
Tratamientos	3	2.968000	0.98933333	6.94	0.0103	*
Error	6	1.28172256	0.14241362			
Total corregido	15	8.43261344				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Al Media
0.765450	7.291874	0.377377	5.175313

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	5.7440	4	B3
B	5.2378	4	B1
B	5.1880	4	B2
B	4.5315	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 3. ANVA para altura de 26 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	14.02825669	4.67608556	2.08	0.1726	Ns
Columnas	3	4.71142869	1.57047623	0.70	0.5753	Ns
Tratamientos	3	4.704000	1.568000	0.69	0.5641	Ns
Error	6	20.19160506	2.24351167			
Total corregido	15	43.63529044				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Al Media
0.481353	17.97299	1.497836	8.333813

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	9.094	4	B3
A	8.360	4	B1
A	8.322	4	B2
A	7.560	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



ANEXO 4. ANVA para altura de 41 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	62.05061619	20.68353873	4.98	0.0264	*
Columnas	3	24.36041619	8.12013873	1.95	0.1915	ns
Tratamientos	3	24.345000	8.115000	1.94	0.1813	ns
Error	6	37.3974581	4.1552731			
Total corregido	15	148.15349048				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	AI Media
0.697941	17.34232	2.038449	11.75419

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	13.691	4	B3
A	11.935	4	B2
A	10.875	4	B1
A	10.516	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 5. ANVA para altura de 52 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	47.27601569	15.75867190	3.53	0.0617	Ns
Columnas	3	66.50433469	22.16811156	4.96	0.0266	*
Tratamientos	3	66.503000	22.16766667	4.97	0.0311	*
Error	6	40.2108256	4.4678695			
Total corregido	15	220.49417598				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	AI Media
0.738876	13.22618	2.113734	15.98144

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	18.985	4	B3
B	16.710	4	B2
B	14.356	4	B1
B	13.875	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



ANEXO 6. ANVA número de hojas de 8 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	1.47949219	0.49316406	3.28	0.0725	Ns
Columnas	3	1.87792969	0.62597656	4.17	0.0417	*
Tratamientos	3	1.878000	0.626000	4.16	0.0395	*
Error	6	1.35253906	0.15028212			
Total corregido	15	6.58796094				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Al Media
0.712834	9.904348	0.387662	3.914063

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	4.4688	4	B0
B	3.8438	4	B3
B	3.8125	4	B1
B	3.5313	4	B2

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 7. ANVA número de hojas de 26 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	10.70312500	3.56770833	3.39	0.0675	Ns
Columnas	3	0.33593750	0.11197917	0.11	0.9543	Ns
Tratamientos	3	0.336000	0.1120100	0.10	0.9481	Ns
Error	6	9.47656250	1.05295139			
Total corregido	15	20.851625				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NH Media
0.538081	13.51288	1.026134	7.593750

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	7.7813	4	B2
A	7.6875	4	B3
A	7.4688	4	B0
A	7.4375	4	B1

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



ANEXO 8. ANVA número de hojas de 41 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	16.93261719	5.64420573	4.67	0.0311	*
Columnas	3	6.72949219	2.24316406	1.86	0.2072	Ns
Tratamientos	3	6.729000	2.2430100	1.85	0.1965	Ns
Error	6	10.86816406	1.20757378			
Total corregido	15	41.25927344				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NH Media
0.685257	9.926519	1.098897	11.07031

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	11.9688	4	B3
A	11.4063	4	B2
A	10.4688	4	B1
A	10.4375	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 9. ANVA número de hojas de 52 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	24.25390625	8.08463542	4.27	0.0392	*
Columnas	3	42.44140625	14.14713542	7.47	0.0082	*
Tratamientos	3	42.441000	14.148010	7.46	0.0079	*
Error	6	17.05078125	1.89453125			
Total corregido	15	126.18709375				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NH Media
0.796399	9.053532	1.376420	15.20313

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamientos
A	17.0625	4	B3
A	16.4688	4	B2
B	14.2188	4	B1
B	13.0625	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



ANEXO 10. ANVA rendimiento de 52 días después del trasplante

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F	Significancia
Hileras	3	315.8515625	105.2838542	2.89	0.0944	Ns
Columnas	3	492.3828125	164.1276042	4.51	0.0341	*
Tratamientos	3	492.383000	164.127667	4.49	0.0295	*
Error	6	327.312500	36.368056			
Total corregido	15	1627.929875				

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Pes Media
0.711758	29.10694	6.030593	20.71875

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	28.656	4	B3
B	23.156	4	B2
B	15.938	4	B1
B	15.125	4	B0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

ANEXO 11. Determinacion del peso de campo por parcela en kg/trat.

Tratamientos	N° Planta/trat.	Peso prom/Planta/trat. (g)	Kg.	PCP (kg) *
B1 (0.5)	96	15.95	1000	1.531
B2 (1.0)	96	23.175	1000	2.225
B3 (1.5)	96	28.675	1000	2.753
B0 (Testigo)	96	15.125	1000	1.452

*.- Peso del campo por parcela en kg

ANEXO 12. Determinacion del rendimiento en kg/ha

Tratamientos	PCP (Kg) *	ANC (m ²)**	Área (ha)	Rendimiento (Kg/ha)
B1 (0.5)	1.531	5.52	10000	2773.551
B2 (1.0)	2.225	5.52	10000	4030.797
B3 (1.5)	2.753	5.52	10000	4987.319
B0 (Testigo)	1.452	5.52	10000	2630.435

*.- Peso del campo por parcela en Kg

**.- Área neta cosechada

$$R = PCP \times \frac{\left(10000 \frac{m^2}{ha}\right)}{ANC m^2} = \frac{Kg}{ha}$$

Dónde:

R = Rendimiento en kg/ha

PCP= Peso de campo por parcela en kg

ANC = Área neta cosechada

ANEXO 13. Fotografía que ilustra los insumos utilizados para biofertilizante



ANEXO 14. Material vegetal de espinaca (*Spinacia oleracia* L.) var. “Viroflay”.



ANEXO 15. Fotografía del acondicionamiento de la parcela experimental.



ANEXO 16. Fotografía que ilustra la demarcación de unidades experimentales.



ANEXO 17. Fotografías que ilustra la aplicación del biofertilizante





ANEXO 18. Resultados del análisis de suelo en Laboratorio LABSAF – INIA – Puno



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



ANALISIS DE CARACTERIZACION

Nombre: Dennis Fernando Huayta Laura.

Proyecto:

Procedencia: Primero de Mayo -Salcedo.

Fecha de Recepción: 18 de Octubre del 2023.

Fecha de Certificación: 01 de Noviembre del 2023.

Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.

Nº	Cod. Lab.	MARCAS	ANALISIS		MECANICO		CO ₂ Ca %	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena %	Arellita %	Limo %	Textura			
1	319Q5	Primero de Mayo -Salcedo	30,16	16,56	53,28	Franco Limoso	0.00	1,10	0,041
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterab52.88iles del Suelo.

Nº	Suelo : Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES			CATIONES CAMBIABLES					CIC	Suma Cationes
	pH	C.E. mmbsa/cm	P (ppm)	K (ppm)	Al	Ca	Mg	Na	K			
					me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g	me/100g		
1	7,49	1,45	0,18	357,41	0,00	19,00	3,50	0,13	0,26	23,60	22,89	
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Métodos utilizados en el Laboratorio:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendaduras anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo.



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing^o JORGE GANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Analítico
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



ANEXO 19. Resultados del análisis de agua de riego en Laboratorio LABSAF – INIA – Puno



PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°:
Fecha de Entrada: 18 de Octubre del 2023
Fecha de Certificación: 01 de Noviembre del 2022
Sistema de Riego:

Localización: Dennis Fernando Huayta Laura.

Determinaciones		
pH	8.02	
C.E.	217.00	25°C (uS/cm)
Sales Totales	110.00	(gr/l)
Dureza Total	14.02	CaCO ₃ (G.H.F.)
Alcalinidad total		CaCO ₃
R.A.S.	0,08	
S.C.R.	-2,34	
Temperatura		°C
Oxígeno		(mg/l)
CACIONES	meq/l	mg/l
Calcio	1,70	34,06
Magnesio	1,10	13,37
Potasio	0,65	25,41
Sodio	0,10	2,30
TOTAL	3,55	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	0,62	21,98
Sulfatos	0,82	39,38
Carbonatos	0,00	0,00
Bicarbonatos	0,46	28,06
TOTAL	2,80	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO ₃)	0,90	173,60

Clasificación Riverside: C151
R.A.S Aguas de buena calidad aptas para el riego
S.C.R: Agua recomendable.
Tipo de Agua: Semiblanda
Diagnóstico y Recomendaciones (Normas de L.V. Wilcox, Diagrama): Agua Excelente a buena.



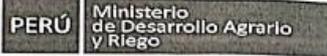
INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILPA - PUNO
Ing° JORGE CASHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
GALCEDO

www.inia.gob.pe

Rinconada de Salcedo s/n
Puno. Puno. Perú
T: (051)363-812



ANEXO 20. Resultados del análisis de Biofertilizante Líquido Acelerado en Laboratorio LABSAF – INIA – Puno



SOLICITANTE
DIRECCION
PROCEDECIA
PRODUCTO
CANTIDAD
MUESTREO
TIPO DE ANALISIS
N° DE ANALISIS
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE CERTIFICACIÓN

CERTIFICADO DE ANALISIS

: Dennis Fernando Huayta Laura.
:
: Barrio Primero de Mayo-Salcedo.
: Biol.
: 01 Litro.
: Interesado.
: Análisis de N, P, K, Ca, Mg, pH CE. y Zn.
: 01.
: 18 de Octubre del 2023.
: 01 de Noviembre del 2023.

DETERMINACIONES FISICO QUIMICAS:

Determinaciones	Estiercol de Vacuno
Nitrogeno %	3,00
Materia Organica %	6,13
Fosforo %	4,26
Potasio %	1,77
Calcio %	0,39
Magnesio %	0,20
Zinc %	0,16
Mn %	0,004
Cu %	0,02
B %	0,00
CE	14,50 mS/cm 25 °C
pH	4,14

Referencias:

- Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, División of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimprisión, Octubre 1988. 195p.
- 1.-Determinación de pH Potenciómetro Calomelano.
 - 2.-Determinación de Conductividad Eléctrica Conductímetro de tres anillos.
 - 3.-Determinación de Nitrógeno Total Semimicrokjeldahl.
 - 4.-Determinación de Fósforo Metavanadato de Amonio.
 - 5.-Determinación de Potasio Combustión húmeda, lectura Fotómetro de Flama
 - 6.-Determinación de Calcio y Magnesio EDTA - verse nalo.
 - 7.-Determinación de Zinc, método analítico propuesto por el Internacional Soil Fertility Evaluation and Improvement Project, introduciendo la solución extractante múltiple para zinc.

Conclusiones:

Ninguna.

Nota:

Ninguna.

Validez del Certificado:

El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original.



Ing. Jorge Canihua Rojas
Responsable del Laboratorio

La Rinconada Salcedo 5/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo DENNIS FERNANDO HUAYTA LAURA,
identificado con DNI 72238762 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ RESPUESTA DEL BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO A LA APLICACIÓN DEL
CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.) VAR. VIROFLAY EN EL CENTRO POBLADO
DE SALCEDO - PUNO, 2023 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de SETIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo DENNIS FERNANDO HUAYTA LAURA,
identificado con DNI 72238762 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ RESPUESTA DEL BIOFERTILIZANTE LÍQUIDO ACELERADO A LA APLICACIÓN DEL

CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.) VAR. VIROFLAY EN EL CENTRO POBLADO

DE SALCEDO - PUNO, 2023 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de SETIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella