

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la
producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.)
Tambillo 2685 msnm - Ayacucho**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Ruben Aurelio CAHUANA LOYOLA

ASESOR:

Ing. Edgar TENORIO MANCILLA

AYACUCHO - PERÚ

2025

A Dios Todopoderoso, fuente suprema de sabiduría y fortaleza, cuya infinita misericordia ha guiado cada uno de mis pasos a lo largo de mi vida.

Con profundo respeto y sincera gratitud, dedico este trabajo a mis estimados padres, Felix Cahuana Carhuas y Candelaria Ignacia Loyola Martínez, cuyo esfuerzo incansable y dedicación ejemplar han sido pilares fundamentales en mi formación. Su amor incondicional, sacrificio desinteresado y constante entrega por el bienestar y superación de sus hijos representan la inspiración más valiosa en mi vida. Este logro es también suyo, fruto de sus enseñanzas, valores y del apoyo inquebrantable que me han brindado en cada etapa de mi camino.

A mis hermanos: Fredy, Arnold y Felix, Dayanee, Sheyla y Killari, cuya motivación constante, apoyo incondicional y valiosa orientación han sido fundamentales desde los inicios de mi formación académica. Su confianza en mis capacidades, sus palabras de aliento en los momentos de adversidad y su presencia inquebrantable han sido un sostén invaluable en este camino.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), a la Facultad de Ciencias Agrarias y, en particular, a la Escuela Profesional de Agronomía, por brindar los espacios, recursos y conocimientos fundamentales que han contribuido significativamente a mi formación académica profesional.

Al Ing. Edgar Tenorio Mancilla, por su valioso asesoramiento y la transmisión de conocimientos durante la ejecución de este trabajo de investigación. Su apoyo incondicional, orientación permanente y disposición para compartir su experiencia fueron fundamentales para el desarrollo y culminación exitosa de la investigación, así como para la elaboración del presente informe.

A los distinguidos docentes de esta prestigiosa escuela, cuya dedicación, conocimientos y experiencia han sido pilares fundamentales en mi formación personal y profesional. Su orientación, exigencia académica y compromiso con la enseñanza no solo han enriquecido mi aprendizaje, sino que también han fomentado en mí valores esenciales.

A mi familia, amigos y todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de la presente investigación. Su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante fueron fundamentales para superar los desafíos a lo largo de este proceso. Su confianza, consejos y acompañamiento no solo fortalecieron mi determinación, sino que también enriquecieron mi crecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Cultivo de apio	4
1.2.1. Clasificación taxonómica	7
1.2.2. Características morfológicas	7
1.2.3. Composición nutricional	9
1.2.4. Descripción botánica.....	9
1.2.5. Cultivares	10
1.2.6. Requerimientos edafoclimáticos.....	12
1.2.7. Manejo agronómico.....	13
1.2.8. Requerimientos nutricionales	15
1.2.9. Plagas y enfermedades	15
1.3. Fuentes de abonos orgánicos	17
1.3.1. Estiércol de ovino	18
1.3.2. Estiércol de gallinas	19
1.3.3. Estiércol de otros animales	20
1.3.4. Guano de isla.....	20
1.4. Densidad de plantas en siembra	22
CAPÍTULO II	23
METODOLOGÍA	23
2.1. Localización	23
2.1.1. Ubicación política	23
2.1.2. Ubicación geográfica	23

2.1.3. <i>Ubicación ecológica</i>	23
2.2. Antecedentes de la parcela	25
2.3. Condiciones climáticas.....	25
2.4. Características del suelo	26
2.5. Materiales, equipos e insumos.....	27
2.6. Material vegetal y guano	28
2.6.1. <i>Material vegetal</i>	28
2.6.2. <i>Estiércol de ovino</i>	28
2.7. Variables.....	28
2.8. Diseño experimental.....	29
2.9. Tratamientos	30
2.10. Análisis estadístico	32
2.11. Instalación y conducción del experimento	32
2.12. Evaluación de factores de rendimiento	34
CAPÍTULO III.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. Altura de la planta	36
3.2. Diámetro del cuello	41
3.3. Número de pecíolos por planta.....	46
3.4. Rendimiento por hectárea.....	51
3.5. Interacción de los factores en rendimiento	59
3.6. Correlación de las variables	61
3.7. Análisis económico	63
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 <i>Superficie sembrada del cultivo de apio en campañas agrícolas 2021 y 2022 (Has)</i>	6
Tabla 1.2 <i>Rendimiento por hectárea cosechada mensualmente en campañas agrícolas 2021 y 2022 (Kg ha⁻¹)</i>	6
Tabla 1.3 <i>Precio promedio en chacra de apio hasta finales del año 2022 (soles/kg¹)..</i>	7
Tabla 1.4 <i>Composición nutricional de las hojas y tallos de apio de un mercado mayorista.....</i>	9
Tabla 1.5 <i>Características de la variedad de apio híbrido Mambo F1</i>	11
Tabla 1.6 <i>Características de la variedad de apio híbrido Green Giant F1.....</i>	11
Tabla 1.7 <i>Requerimiento nutricional del apio.</i>	15
Tabla 1.8 <i>Principales plagas y enfermedades en el cultivo del apio.....</i>	16
Tabla 1.9 <i>Contenido nutricional del estiércol de ovino comparado con el del bovino y Gallinaza.....</i>	18
Tabla 1.10 <i>Características de las composiciones del abono terrasur.....</i>	20
Tabla 1.11 <i>Composición de macronutrientes en los estiércoles en base seca.....</i>	20
Tabla 1.12 <i>Resultados de análisis de guano de islas de San Rosa.</i>	21
Tabla 1.13 <i>Reporte de composición de los elementos menores en guano de las islas ..</i>	21
Tabla 1.14 <i>Composición de macronutrientes de guano de las islas según Agrorural ..</i>	22
Tabla 2.1 <i>Balance hídrico del registro de datos meteorológicos promedios de los años 2023 – 2024, Ayacucho – Huamanga.</i>	25
Tabla 2.2 <i>Características físicoquímicas del suelo experimental – Valle Huatatas. ..</i>	26
Tabla 2.3 <i>Evaluación de las relaciones catiónicos.....</i>	27
Tabla 2.4 <i>Análisis de guano de ovino</i>	28
Tabla 2.5 <i>Características de las variables independientes.....</i>	29
Tabla 2.6 <i>Características de los variables dependientes.....</i>	29
Tabla 2.7 <i>Características de los tratamientos</i>	30
Tabla 2.8 <i>Características de unidades experimentales</i>	31
Tabla 2.9 <i>Dosificación de cantidad de estiércol por UE.....</i>	33
Tabla 3.1 <i>Análisis de varianza de altura promedio de la planta en variedades de apio por efecto de niveles de estiércol de ovino y densidades de plantas</i>	36
Tabla 3.2 <i>Análisis de varianza del diámetro promedio de tallo en variedades de apio, por efecto de densidad de y niveles de estiércol de ovino</i>	41

Tabla 3.3	<i>Análisis de varianza del número promedio de pecíolos de variedades de apio, por efecto de densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino.....</i>	<i>46</i>
Tabla 3.4	<i>Análisis de varianza del rendimiento promedio de variedades de apio, por efecto de las densidades de plantas y niveles de estiércol de ovino</i>	<i>51</i>
Tabla 3.5	<i>Coefficientes de correlación Pearson (r) de las variables evaluadas en variedades de apio, por efecto de las dosis de estiércol de ovino y densidad de plantas</i>	<i>61</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 <i>Mapa de ubicación del lugar de instalación de la investigación, Huatatas.</i>	24
Figura 2.2 <i>Balance hídrico del registro de datos meteorológicos de campaña agrícola 2023 – 2024, Ayacucho – Huamanga.</i>	26
Figura 2.3 <i>Croquis de unidades experimentales (UE)</i>	31
Figura 3.1. <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) altura promedio de la planta de apio, por efectos simples de densidad de plantas y niveles de estiércol en promedio de variedades de apio</i>	37
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey (0.05) de altura de la planta de apio, por los efectos simples de densidad de plantas y variedades en promedio de las dosis de estiércol de ovino</i>	39
Figura 3.3 <i>Regresión de altura de la planta de apio, por efecto del promedio los niveles de estiércol de ovino y densidades de plantas</i>	40
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del diámetro de cuello del apio, por los efectos simples de la interacción variedad * estiércol en cada densidad de plantas</i>	42
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de diámetro promedio de cuello de apio, por los efectos simples de variedad y densidad de plantas en promedio de los niveles de estiércol.</i>	44
Figura 3.6 <i>Regresión del diámetro de cuello de variedades de apio en función de los niveles de estiércol de ovino en promedio de densidades de plantas.</i>	45
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de número promedio de peciolo de apio, por los efectos simples de densidad y niveles de estiércol en cada variedad.</i> ..	47
Figura 3.8 <i>Prueba de Tukey (0.05) de número promedio de peciolo, por efectos simples de variedad y niveles de estiércol en cada densidad de plantas.</i> .	48
Figura 3.9 <i>Regresión de número de peciolo de variedades de apio, por efecto de los niveles de estiércol de ovino en cada densidad de plantas</i>	50
Figura 3.10 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento promedio del apio, por efectos simples de la interacción de niveles de estiércol x variedades en cada densidad de plantas.</i>	52
Figura 3.11 <i>Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento de apio, por los efectos simples de densidad y niveles de estiércol en cada variedad.</i>	55

Figura 3.12 <i>Regresión del rendimiento por hectárea de las variedades de apio, por efectos de los niveles de estiércol de ovino en promedio de densidades de plantas</i>	58
Figura 3.13 <i>Interacción de factores de estudio de variedades y niveles de estiércol de ovino en promedio densidades de plantas</i>	59
Figura 3.14 <i>Interacción de factores de estudio de niveles de estiércol de ovino y densidad de plantas en cada variedad</i>	60
Figura 3.15 <i>Interacción de factores de estudio de variedades de apio y densidad de plantas en promedio de las dosis de estiércol de ovino</i>	60

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Promedios de los variables evaluados	75
Anexo 2. Resultados de análisis de estiércol de ovino	76
Anexo 3. Costos de producción por tratamientos	77
Anexo 4. Resultado del análisis de suelo.....	85
Anexo 5. Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis.....	86

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia de la densidad de plantas y los niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en condiciones agroecológicas de Santiago de Huatatas; se desarrolló el trabajo de investigación utilizando el Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de dos variedades de apio (Green giant F1 y Mambo F1), dos densidades de siembra (150,000 y 66,660 plantas ha⁻¹) y tres niveles de estiércol de ovino (0, 6, 12 y 18 t ha⁻¹) lo que resulta en 16 tratamientos con 3 repeticiones. En los resultados más destacados, en la altura de planta se encontró un incremento de 19.87% con 18 t ha⁻¹ de estiércol y la alta densidad (150,000 plantas ha⁻¹) en Mambo F1. En diámetro de cuello se encontró 93.68 mm en la variedad Green Giant F1 al utilizar densidad baja y 18.0 t ha⁻¹ de estiércol. En número de peciolos se encontró un incremento de 19.81% al utilizar densidad baja y 18 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green Giant F1. Al emplear densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol. En el análisis de rentabilidad de los tratamientos, con el T12 (Mambo + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) se encontró porcentaje de rentabilidad más alto, 363.45%; beneficio costo (B/C) = 4.6 >1 (T12); es decir, con este tratamiento se logra obtener un valor de recupero de 3.6 soles por cada sol invertido.

Palabras clave: *Apium graveolens* L., densidad, estiércol, variedades.

INTRODUCCIÓN

El apio (*Apium graveolens* L.) es un cultivo con importante valor nutricional y económico, su rendimiento puede variar según la variedad, entre 48 – 70 t ha⁻¹, en condiciones hidropónicas puede rendir 3.5 kg m⁻² (Marulanda, 2003, como se citó en Quispe, 2020). En el Perú, Arequipa reportó un rendimiento de 21,651 kg ha⁻¹ en 2017, destacándose como una de las zonas con mayor producción. Además, el rendimiento puede verse afectado por diversos factores como el manejo del abonamiento y la presencia de plagas, lo que sugiere que los agricultores deben optimizar sus prácticas para mejorar la producción y aprovechar las condiciones climáticas favorables durante la época de lluvias (Santos, 2019).

Los factores agronómicos como el tipo de fertilización y la densidad de plantación afectan los rendimientos del apio. La competencia por recursos como la luz, el agua y los nutrientes puede verse influida por la densidad de plantación, que a su vez afecta a la forma en que las plantas crecen y se desarrollan. Sin embargo, un factor contribuyente significativo ha sido la aplicación de estiércol de oveja, conocido por su riqueza en nutrientes y cualidades para mejorar el suelo (Antichi et al., 2019). La capacidad de los agricultores para maximizar su producción se ve obstaculizada por la falta de información sobre los efectos de las distintas densidades de plantación y los niveles de estiércol en las distintas variedades de apio. Por lo tanto, es esencial tener un conocimiento profundo de las relaciones entre estos factores y cómo utilizarlos para aumentar la calidad del apio (Libutti & Rivelli, 2021).

Existen antecedentes que demuestran el efecto positivo de los abonos orgánicos, efecto intrínseco de las variedades y las distintas densidades de plantas por unidad de superficie. Casa (2018) demostró que la aplicación de los abonos orgánicos en el cultivo de apio es indispensable, ya que mejora los parámetros agronómicos del cultivo. Por su parte, Machaca (2007), demostró que niveles de estiércol de ovino mejoraron

significativamente los parámetros agronómicos del cultivo de apio. Asimismo, Quispe (2020), encontró influencia favorable del estiércol en el rendimiento del cultivo de apio, donde, la dosis más alta (9.0 t ha^{-1}) tuvo efecto más significativo. Por otra parte, Surec (2017), al evaluar distintas densidades de plantas en el cultivo de apio, llegó a concluir que, a menor densidad, las plantas tienden a desarrollarse mucho mejor; mientras, a mayores densidades, las plantas tienden a elongarse más.

El cultivo del apio es muy importante por su valor nutricional y económico para los agricultores, tanto es así, que en nuestra región contamos con diferentes nichos ecológicos aptos para el cultivo de apio. Sin embargo, la falta de conocimientos prácticos de densidad de plantas que optimicen el uso del suelo agrícola, la adecuada uso de materia orgánica como el estiércol y variedades mejoradas de apio, hacen necesario realizar este tipo de trabajos de investigación. La materia orgánica incorporada en el suelo tiene grandes beneficios para un manejo sostenible del suelo y muchas bondades para el mejor desarrollo de los cultivos instalados con un enfoque de una agricultura que tenga menor impacto posible sobre el medio ambiente. Bajo este contexto, existe un vacío científico en temas relacionados al planteado en nuestra región, por lo que urge realizar trabajos de investigación de este tipo.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.

Objetivos específicos

1. Establecer la influencia de la densidad de plantas en las características productivas de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.
2. Determinar la influencia de niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.
3. Realizar el análisis de índice de rentabilidad de los tratamientos en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Casas (2018) realizó un estudio en el Centro de Producción de Investigación Camacani (CICP) a una altitud de 3812 msnm, Puno; donde evaluó tres cultivares de apio (Green King, Lleno Blanco Mejorado y Self Blanching) y cuatro tratamientos de abono foliar orgánico Fulvex, Goisolet, Crema de Algas y un testigo). Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de 3x4 con 36 unidades experimentales. La dosis fue de 1 L de abono en 100 L de agua y las variables evaluadas fueron la altura de la planta, número de hojas y rendimiento de raíces. El foliar Fulvex tuvo mayor influencia en las variables evaluadas en comparación del resto.

Machaca (2007) realizó un estudio en al Alto, Bolivia, con la finalidad de establecer una tecnología de cultivo de apio en condiciones de carpa solar y evaluar los efectos de fertilización con estiércol de ovino (9.5, 19.0 y 38.0 t ha⁻¹) en 2 variedades de apio (Tall-utah y Blanquino dorado). Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con parcelas Divididas. Se evaluaron las variables de precocidad a la cosecha, altura de la planta, diámetro de cuello, número de hojas y rendimiento. Los resultados mostraron que la dosis más alta generó el mayor rendimiento de ambas variedades, destacando Tall-utah por sus caracteres morfológicos; asimismo, con la dosis alta se encontró el mayor beneficio económico.

Quispe (2020) evaluó el efecto de diferentes niveles de gallinaza (3, 6 y 9 t ha⁻¹) y fertilización química (130-50-200 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) en dos variedades de apio (Golden selfblanching y Perseo), bajo un diseño de bloques completamente aleatorizado con 10 tratamientos y 4 repeticiones. Se evaluaron variables como altura de planta, diámetro de peciolo, rendimiento y rentabilidad. El mejor rendimiento se logró con 9.0 t ha⁻¹ de gallinaza en Perseo (114.07 t ha⁻¹) y en Golden selfblanching (96.87 t ha⁻¹).

Alfaro (2023) realizó evaluación del efecto de distintos niveles de estiércol de ovino (5.0, 10.0 y 20.0 t ha⁻¹) y distancias de plantación (15, 20 y 25 cm) en el rendimiento de cebollin. Reportó que aplicando 20.0 t ha⁻¹ de guano y a 25 cm de distanciamiento entre plantas, generó los mejores resultados en altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas y rendimiento. Concluyendo que las fuentes orgánicas es la más recomendable para una agricultura sostenible en hortalizas.

Surec (2017) realizó evaluación de densidades de siembra de apio (113,905; 94,921 y 84,361 plantas ha⁻¹) utilizando Diseño de Bloques Completos al Azar, donde evaluó rendimiento de raíces de apio. Con una densidad de 94,921 plantas por hectárea alcanzaron el mejor rendimiento (129.56 t ha⁻¹) y rentabilidad (58.18%), por lo que fue recomendada para la producción de apio en la región.

1.2. Cultivo de apio

El apio se ha cultivado durante más de 2000 años y cuenta con una rica colección de recursos de germoplasma, así como una amplia variedad de cultivares (Wu et al., 2024). A partir del año 1000 a. C., los egipcios, romanos y griegos ya utilizaban el apio (*Apium graveolens* L.). Además de utilizarse como medicina, se empleaba en ceremonias religiosas y deportivas (en coronas y trofeos). Se empezó a consumir como condimento en Francia en 1623 y su consumo en fresco no se produjo hasta 1686. El apio es originario del Mediterráneo, y el Cáucaso y la región del Himalaya son centros secundarios. Los antiguos egipcios lo conocían. Se utilizó por primera vez como verdura en la Edad Media y ahora se come en América del Norte y Europa (Del Pino, 2014). Por otra parte, se menciona que el apio (*Apium graveolens* L.) es una planta herbácea perenne de la familia *Apiaceae*. Es originaria de la región mediterránea y ahora se cultiva ampliamente en Europa, Asia Oriental, Suecia y otras regiones pantanosas (Zhu et al., 2024).

El apio, que procede de una planta que todavía se encuentra silvestre en algunas regiones de Europa y del Mediterráneo, se empleó inicialmente por sus beneficios terapéuticos en la antigüedad, con centros secundarios en la región del Himalaya y el Cáucaso. El Antiguo Egipto también lo conocía. Se utilizó por primera vez como verdura en la Edad Media y ahora se consume en América del Norte y Europa (Casaca, 2005, como se citó en Surec, 2017). Entre las numerosas cualidades culinarias, nutricionales y nutraceuticas del apio (que protegen la salud) destacan su alto contenido en fibra, potasio,

sodio (“sal de apio”), vitaminas A, C, K, B2 y B5. Posee varios antioxidantes que protegen principalmente el tracto digestivo y es extremadamente bajo en calorías, lo que lo hace perfecto para dietas destinadas a perder peso. También se le considera afrodisíaco, diurético, depurativo, dilatador arterial y reconstituyente. Es apreciado en la cocina por ser crujiente y fresco, además de tener un sabor potente y fragante (Del Pino, 2014; Zhu et al., 2024). Otros usos del apio son las extracciones de aceites esenciales para la industria, el empleo del polvo del apio deshidratado en fábricas de pastas y sopas, y la conserva de pencas (Quispe, 2020; Wu et al., 2024).

El grado de tecnología empleada, el desarrollo de variedades, la aplicación de fertilizantes, el control de plagas y enfermedades y el control y manejo del agua de riego son los factores principales que influyen en el potencial de producción del cultivo. En este sentido, se trata de uno de los factores más decisivos para lograr altos rendimientos en la producción de apio (Núñez-Ramírez, 2022). En el cultivo de apio la producción llega según la variedad entre 48 – 70 t ha⁻¹, en carpas solares se ha obtenido un rendimiento de 13 t ha⁻¹, equivale a 1.3 kg m⁻² y en lo hidropónico 3.5 kg m⁻² (Marulanda, 2003, como se citó en Quispe, 2020). El rendimiento del cultivo de apio en Perú presenta una variabilidad significativa según la región y las prácticas agrícolas utilizadas. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), el rendimiento promedio de apio oscila entre 5,000 y 22,600 kg ha⁻¹. En investigaciones más específicas, se ha reportado que el tratamiento con la variedad Gian Pacal combinada con el inductor de crecimiento Aminofol alcanzó un rendimiento excepcional de 63.23 t ha⁻¹, superando así el promedio nacional (Santos, 2019).

En términos regionales, Arequipa reportó un rendimiento de **21,651 kg ha⁻¹** en 2017, destacándose como una de las zonas con mayor producción. Además, el rendimiento puede verse afectado por diversos factores como el manejo del abonamiento y la presencia de plagas, lo que sugiere que los agricultores deben optimizar sus prácticas para mejorar la producción y aprovechar las condiciones climáticas favorables durante la época de lluvias (Santos, 2019).

Tabla 1.1*Superficie sembrada del cultivo de apio en campañas agrícolas 2021 y 2022 (Has)*

Región	Total	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Nacional	1,782	165	150	166	146	160	164	146	140	159	130	130	128
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áncash	103	8	9	10	8	10	8	9	8	6	8	10	9
Apurímac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	312	28	29	23	27	23	30	26	25	25	26	25	25
Ayacucho	53	4	10	4	6	7	6	2	4	1	4	2	3
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	15	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2
Ica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	114	8	13	13	10	4	9	11	9	11	12	8	6
La Libertad	150	12	14	20	16	12	14	13	10	16	11	9	6
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	519	55	32	45	36	67	53	38	42	55	31	32	36
Lima Metropolitana	406	39	29	36	34	30	36	36	34	37	31	34	30
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	110	10	13	14	9	6	6	10	8	7	6	9	12
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (MIDAGRI, 2022).

Tabla 1.2*Rendimiento por hectárea cosechada mensual en campañas agrícolas 2021 y 2022 (Kg.ha⁻¹)*

Región	Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Nacional	19,204	19,658	19,887	18,743	17,542	18,689	18,161	21,033	17,866	19,090	20,537	18,658	20,911
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áncash	8,491	9,222	8,778	8,500	8,500	8,500	8,462	8,111	8,125	8,444	8,250	8,444	8,500
Apurímac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	26,753	25,520	30,151	22,192	22,695	27,876	25,470	29,679	25,383	27,778	28,514	24,867	27,788
Ayacucho	13,868	10,429	8,143	12,667	12,000	12,333	13,500	12,500	22,500	15,000	23,333	5,000	27,500
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	12,127	12,100	12,240	12,400	12,000	12,000	12,133	12,267	11,900	11,667	12,400	12,300	12,067
Ica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	17,183	16,750	17,375	16,600	17,400	18,050	17,050	17,522	16,878	18,964	16,980	14,367	16,320
La Libertad	25,296	25,600	24,318	25,970	26,121	25,468	26,347	25,374	25,267	25,007	25,200	22,600	24,989
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	10,573	10,505	10,557	10,992	10,852	10,574	9,869	10,157	10,511	10,816	10,517	10,667	10,517
Lima Metropolitana	24,530	25,307	24,470	24,886	23,926	24,548	24,088	24,555	24,257	24,159	24,991	24,112	24,959
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	21,588	20,846	21,500	21,889	21,667	22,167	21,600	21,750	21,857	22,000	21,667	21,583	21,429
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (MIDAGRI, 2022).

Tabla 1.3*Precio promedio en chacra de apio hasta finales del año 2022 (soles/kg^l)*

Región	Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Nacional	0.93	0.87	0.88	0.99	0.93	0.88	0.92	0.93	0.99	0.95	0.92	0.92	0.95
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áncash	1.45	1.46	1.36	1.38	1.40	1.38	1.37	1.47	1.53	1.55	1.53	1.53	1.48
Apurímac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	0.72	0.70	0.65	0.67	0.74	0.75	0.85	0.71	0.78	0.80	0.64	0.83	0.66
Ayacucho	0.96	1.08	1.00	0.95	0.91	1.05	1.01	1.05	1.00	0.96	0.90	1.20	0.80
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	1.24	1.10	1.13	1.25	1.15	1.13	1.35	1.33	1.38	1.27	1.31	1.15	1.21
Ica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	0.83	0.80	0.82	0.98	0.93	0.92	0.75	0.77	0.80	0.90	0.74	0.65	0.73
La Libertad	1.52	1.60	1.64	1.88	1.19	1.18	1.48	1.58	1.44	1.57	1.64	1.57	1.45
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	1.09	0.78	0.92	1.14	1.28	1.09	1.07	1.18	1.20	1.03	1.03	0.92	1.25
Lima Metropolitan	0.74	0.63	0.57	0.63	0.64	0.69	0.68	0.79	0.79	0.83	0.93	0.86	0.89
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	1.00	0.90	0.90	1.20	1.00	0.90	0.98	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucavali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (MIDAGRI, 2022).

1.2.1. Clasificación taxonómica

Según Cronquist (1981, como se citó en Quispe, 2020) la clasificación taxonómica es de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Apiales

Familia: Apiaceae (Umbelliferae)

Género: *Apium*Especie: *Apium graveolens* L.**1.2.2. Características morfológicas**

Entre sus características destacan ser una planta dicotiledónea con inflorescencia en umbela, sistema radicular fusiforme con numerosos pelos absorbentes que le permiten una mayor exploración del suelo y absorción de nutrientes y agua, y tallos herbáceos y erectos con hojas formadas por múltiples folíolos y terminaciones imparipinnadas. La

inflorescencia ya se encuentra en su máximo desarrollo floral y alcanza una altura media de 1.50 m. Debido a que el apio desarrolla su función sexual cruzada en mayor porcentaje, se le considera una especie alógama. Cuando las flores pálidas maduran, producen frutos marrones conocidos como diaquenios. A través de un sistema de canales secretores en el interior de sus estructuras, el fruto inmaduro libera compuestos aromáticos que le dan al apio su característico olor (Gamboa, 2021, como se citó en Morales, 2022).

a) Forma

El apio es un tallo alargado, grueso, hueco y acanalado. Está formado por tallos cilíndricos que recorren longitudinalmente un surco profundo. De estos tallos emergen varias hojas parecidas al perejil (Quispe, 2020).

b) Tamaño y peso

Las variedades cultivadas suelen tener tallos que miden entre 30 y 60 cm de largo. Sin embargo, el tamaño comercial suele ser de entre 25 y 30 centímetros. Después de la cosecha, los extremos superiores de los tallos de apio se dejan descubiertos mientras se retiran los tallos, se limpian, se enjuagan, se escurren y se envasan. Siguiendo este procedimiento, se obtienen porciones de tallos de entre 400 y 900 gramos, con una pérdida de hasta el 30 % del peso inicial. El rango de peso óptimo es de entre 460 y 720 g (Quispe, 2020).

c) Color

Las hojas cambian de color verde amarillento a verde oscuro si se las deja crecer orgánicamente. Con frecuencia se vuelven blancas en sus últimas etapas de crecimiento si se las cultiva. Esto se logra cubriendo la planta de modo que solo las hojas queden expuestas a la luz. En este caso, las hojas son de color verde pálido (Quispe, 2020).

d) Sabor

El sabor de las hojas es fuerte, intenso, ligeramente amargo y agradable. El tallo tiene una textura crujiente, un sabor más suave y un marcado gusto a anís. El escaldado reduce drásticamente el sabor además de eliminar el color verde (Quispe, 2020).

1.2.3. Composición nutricional

Según Rodríguez-Palleres y Rojas-González (2022), los valores nutricionales de las hojas y tallos de apio analizados se presentan en Tabla 1.1.

Tabla 1.4

Composición nutricional de las hojas y tallos de apio de un mercado mayorista.

Características nutricionales	Apio	
	Hoja	Tallo
Energía (Kcal/100g)	20.4	18.7
Carbohidratos disponibles (g/100g)	2.3	4.1
Materia grasa (g/100g)	0.2	<0.1
Proteínas (g/100g)	2.4	0.5
Azúcares totales (g/100g)	1.6	1.9
Sodio (mg/100g)	89.94	30.83
Fibra dietética total ((g/100g)	7.4	4.7
Fibra dietética soluble (g/100g)	1.3	0.8
Fibra dietética insoluble (g/100g)	5.3	4.2
Humedad (g/100g)	83.5	88.8
Ceniza (g/100g)	4.3	1.9

Fuente: Castellanos (1980, como se citó en Rodríguez-Palleres, 2022)

1.2.4. Descripción botánica

a) Raíz

Su raíz es pivotante y posee un sistema radicular secundario y adventicio muy abundante. Este sistema secundario es superficial (Casas, 2018).

b) Tallo

Las hojas más externas, que suelen tener entre 30 y 50 cm de longitud y entre 2 y 5 cm de ancho, tienen tallos de color blanco a verde oscuro, ensanchados en la base y que finalmente se vuelven intrascendentes en los primordios foliares alrededor de la yema apical. Las caras adaxial y abaxial de estas estructuras glabras son cóncavas y convexas, respectivamente, y están surcadas por estrías longitudinales. La preponderancia de células parenquimáticas en el tallo, junto con los vastos espacios intercelulares en la corteza donde se sumergen los haces vasculares y la colénquima angular que los rodea, le dan al tallo su textura blanda, succulenta y crujiente. Estas estructuras surcan los peciolos en toda su extensión y resultan en las “fibras” sacadas al pelar el apio (Casas, 2018).

c) Hojas

El pecíolo erguido y robusto de las hojas del apio está dividido en cinco a diez segmentos. Los pecíolos tienen un patrón de nervadura notable, son algo anchos en la base y tienen un contenido de almidón relativamente alto. Estas láminas foliares pequeñas, de color verde oscuro y con hendiduras pignadas se colocan sobre un pecíolo largo, que es la parte comestible. Las hojas se colocan a ambos lados del pecíolo. Crecen hasta una altura de 60 a 90 cm cuando están completamente desarrolladas (Samayoa, 1991, como se citó en Casas, 2018).

d) Flor

Durante un período de tiempo determinado (normalmente temperaturas inferiores a 7° a 10°C, actuando durante 14 a 28 días), cuando la planta ya ha alcanzado un cierto tamaño, es capaz de recibir el estímulo vernalizante, que es la causa primaria de la floración en el apio. El tiempo desde la plantación hasta la cosecha es de aproximadamente cuatro meses (Casas, 2018).

e) Fruto y semillas

El fruto maduro es globoso a ovoide, de 1.5 a 3 mm de largo, y tiene cinco costillas engrosadas y dos mericarpos (mitades de frutos). Un gramo de semilla contiene alrededor de 2500 unidades, y la semilla tiene una capacidad germinativa promedio de cinco años (Casas, 2018).

1.2.5. Cultivares

Existen dos grandes categorías de variedades de apio: las variedades verdes, que necesitan ser blanqueadas para producir tallos blancos, y las variedades amarillas, que no requieren blanqueamiento. Entre estos dos tipos se deben diferenciar las siguientes características: resistencia a la "floración", altura y grosor de los tallos, peso medio de la planta y número medio de tallos por planta (Sanchez, 2017).

Según Toledo (1995, como se citó en Sanchez, 2017), se conocen las siguientes variedades del cultivo de apio:

a) Variedades verdes

Estas variedades rústicas se caracterizan por su fuerte crecimiento vegetativo y su facilidad de cultivo. De Elne (raza Isel), Pascal, Repager R (raza Istar), Florida 683 y Utah-52-70 R son algunas de las más populares.

Hibrido Mambo F1:

Tabla 1.5

Características de la variedad de apio híbrido Mambo F1

Característica	Detalle
Ciclo	75 a 95 días
Tamaño	Muy grande
Follaje	Vigoroso, color verde oscuro, muy sano
Pencas (tallos)	Muy grandes, lisos, uniformes
Peso por planta	1 a 2 kg
Temporada de siembra	Todo el año
Vigor	Alto
Tolerancia a altas densidades	Sí
Plantas recomendadas por hectárea	80 000–100 000
Plantas por metro lineal	3 a 5
Tolerancia al esponjado	Alta
Resistencia a <i>Septoria apiicola</i>	Intermedia (IR: Sa)
Capacidad de post-cosecha	Buena — ideal para mercado fresco y exportación
Uniformidad	Muy uniforme a la cosecha

Fuente: https://www.bejogt.com/apio/mambo?utm_source=

Variedad híbrida Green Giant F1:

Tabla 1.6

Características de la variedad de apio híbrido Green Giant F1

Característica	Detalles
Tipo de planta	Planta erecta, altura media (60 cm), porte determinado
Tallos (pecíolos)	Verde oscuro/brillante, medianamente largos y anchos
Maduración	Aproximadamente 90-100 días desde siembra
Productividad	Excelente rendimiento y uniformidad
Vida de anaquel	Buena; tolerancia al transporte y almacenamiento
Adaptabilidad	Muy adaptable, tolerante al estrés ambiental (temperatura, transporte)
Uniformidad	Alta uniformidad entre plantas
Brotos laterales	Sin brotes laterales, más rústico
Precocidad	Precocidad media-temprana, cosecha indicada entre 90-100 días

Fuente: https://brimportseed.com/semillas/celery/?utm_source=

b) Variedades amarillas

Son más difíciles de cultivar. En los grandes mercados, son muy valorados. Celebrity, Golden Spartan, Light, Dore Chemin y Golden Boy son los tipos de autoblanqueo más populares.

c) Otras variedades cultivadas en el Perú:

- ✓ **Golden Self Blanching:** Esta variedad de apio amarillo o autoblanqueador, tiene la capacidad de blanquearse espontáneamente sin necesidad de métodos adicionales lo hace muy apreciado. En condiciones ideales, ha demostrado rendimientos de hasta 96,87 t ha⁻¹ en Ayacucho y se distingue por sus peciolo delgados y fibrosos (<https://acortar.link/kVCPp1>).
- ✓ **Perseo:** se conoce como apio verde, con la aplicación de gallinaza, este cultivar verde puede alcanzar rendimiento superior al de Golden Self-Blanching, llegando a 114,07 t ha⁻¹. Su diámetro del peciolo alcanza promedio de 7.65 cm y su altura promedio es de 66,34 cm (Gamboa, 2020).
- ✓ **Kelvin RZ:** En el Valle de Huaura, en Lima, se introdujo un híbrido de apio verde oscuro. Su larga vida útil poscosecha, su adaptabilidad a diversos sitios de producción y su resistencia a plagas y enfermedades lo hacen excepcional (Monroy, 2024).

1.2.6. Requerimientos edafoclimáticos

a) El clima

Como el apio crece en un clima templado, no puede sobrevivir al duro clima invernal. Una caída repentina de la temperatura durante unos días durante la etapa de crecimiento de la planta podría hacer que esta florezca antes de tiempo. Cubrir el suelo con una lámina de plástico reduce este problema. La luz es necesaria para su crecimiento (Quispe, 2020).

b) Temperatura

Al igual que otros cultivos hortícolas, el apio requiere de temperaturas determinadas para alcanzar su máximo desarrollo foliar y se encuentra entre los 15 y 21 °C (Morales, 2022).

c) Luminosidad

Dado que la luminosidad afecta a varios procesos secuenciales relacionados con la luz, entre ellos el fototropismo (el movimiento que experimenta una planta en respuesta a estímulos de luz azul), el fotoperiodismo (la absorción de luz roja y roja lejana para la que interviene un pigmento llamado fitocromo) y la fotomorfogénesis (la capacidad de reaccionar a la luz azul, roja y roja lejana; estas longitudes de onda están relacionadas con los patrones de crecimiento y están en oposición al proceso fotosintético, que utiliza la luz como sustrato para la producción de energía a través de pigmentos llamados cloroplastos), la luminosidad es uno de los factores climáticos más significativos para las plantas (Morales, 2022).

d) Humedad relativa

Cuando la humedad relativa se encuentra entre el 30% y el 70%, el cultivo no sufre daños. Tanto los valores inferiores al 30% como los que se alejan del 70% son perjudiciales para las plantas (Morales, 2022).

e) Suelo

El apio necesita suelos con cualidades de retención de humedad debido a sus altos requerimientos de agua. El suelo arcilloso es el que cumple con estas condiciones (Morales, 2022).

f) pH

Durante toda la etapa de cultivo de apio es aconsejable mantener el suelo a un pH de 6-8" (Morales, 2022).

1.2.7. Manejo agronómico

Durante el cultivo del apio se realizan una serie de labores culturales que se dividen en dos categorías: generales (desherbaje, riego, tratamientos fitosanitarios) y particulares (escaldado, aplicación de giberelinas). Estas labores se explican a continuación:

a) Preparación de terreno

Para dejar surcos de 50 cm de ancho y caballones del mismo tamaño, se debe realizar una labor de labranza profunda, seguida de dos pasadas de cultivador y una de

formación de caballones. Se aconseja utilizar un subsolador para romper los surcos más profundos y realizar una pasada si la parcela ha tenido cultivos cosechados mecánicamente (Infoagro, 2024).

b) Riego

Para que el apio madure y pueda cosecharse, esta especie necesita cierta humedad. El riego por goteo, el riego por surcos y el riego por aspersión, menos popular, son métodos de riego. Según las estimaciones, el apio necesita 7.000 metros cúbicos de agua por hectárea.

c) Trasplante

Las plantas de apio pueden ser cambiadas durante la primera semana después del trasplante debido a su rusticidad y buena respuesta al cambio; las pérdidas son mínimas. Se acostumbra a reemplazar hasta un 10% de la cosecha cuando se reemplazan las plantas fallidas, y todas las plantas secas o mal cuidadas deben ser reemplazadas. Las plantas fallidas deben ser reemplazadas entre siete y diez días después del trasplante durante el ciclo del cultivo. Para asegurar que no haya diferencias entre las plantas, no es conveniente dejar pasar demasiado tiempo (Calle, 2023).

d) Desmalezado

Esta labor se puede realizar manualmente o a través del uso de herbicidas selectivos de pre-emergencia de malezas, o en post-emergencia del cultivo.

e) Blanqueo

Para obtener un producto más tierno y de mayor calidad, esta tarea se realiza para evitar que se forme clorofila en la base de los peciolos y, además, que las plantas de gran tamaño se abran. En cualquier caso, ya no se practica porque las variedades autoblanqueadoras no lo necesitan tanto como las verdes (Del Pino, 2022).

f) Tratamientos fitosanitarios

Se deben realizar tratamientos oportunos para controlar plagas y enfermedades, lo que incluye la identificación de niveles poblacionales y la aplicación de agroquímicos adecuados (Del Pino, 2022).

g) Cosecha

Para levantar la copa con la base de las hojas adheridas, se corta la planta ligeramente por debajo de la superficie del suelo con un cuchillo, lo que se hace a mano. Después, se recortan las hojas exteriores y los brotes más grandes, se limpian y se colocan en cajas universales. Para ahorrar espacio y dinero en el transporte, se recortan algunas de las hojas terminales antes de empaquetar. Se considera que el tamaño típico o estándar es de 40 cm, medidos desde la base hasta la corona de los racimos (Infoagro, 2024).

1.2.8. *Requerimientos nutricionales*

Requerimientos nutricionales del apio Según Murillo y Jaimes (2020, como se citó en Calle, 2023), se tiene la siguiente relación:

Tabla 1.7

Requerimiento nutricional del apio.

H-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
220	10	50	240	180	45	70	4	0.5	0.15	0.15	0.05	0.1

Los dos nutrientes más importantes para la formación del apio son el fósforo y el nitrógeno. En suelos orgánicos y ligeramente ácidos, el apio reacciona a dosis de 400–500 kg ha⁻¹ de macronutrientes (N–P–K) aplicados en una proporción de 1:2:1 o 1:3:1. Para un rendimiento mayor a 80 t ha⁻¹ de apio, las extracciones son de: 200 a 250 kg ha⁻¹ de N; 130 a 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 400 a 500 kg ha⁻¹ de K₂O; 200 a 250 kg ha⁻¹ de CaO; 30 a 70 kg ha⁻¹ de MgO (Surec, 2017).

1.2.9. *Plagas y enfermedades*

Dentro de las plagas y enfermedades más importantes que afectan al apio, se mencionan y se presentan:

Tabla 1.8*Principales plagas y enfermedades en el cultivo del apio*

PLAGAS			
Suelo	Descripción	Follaje	Descripción
Gallina ciega <i>Phyllophaga</i> sp.	Las larvas son de color blanco cremoso, tienen la cabeza marrón o rojiza y tienen patas y mandíbulas robustas y bien desarrolladas. Entre mayo y septiembre, consume raíces para alimentarse.	<i>Tortuguilla</i> <i>Diabrotica</i> spp.	Es un pequeño escarabajo de color amarillo con bandas transversales verdes, cabeza roja y abdomen y protórax amarillos. Se alimenta de hojas, lo que le permite propagar virus a los cultivos.
Larvas de dtortuguilla <i>Diabrotica</i> sp	El sistema radicular principal y la base del tallo son socavados por larvas que crecen en el suelo y se alimentan de las raíces.	Áfidos <i>Aphis</i> sp	Debilitan las plantas absorbiendo sus jugos a través de su mecanismo de succión bucal. Las hojas que atacan tienen forma curva.
Gusano nochero <i>Agrotis</i> sp.	Cuando son pequeñas, las larvas de color marrón tienen patrones dorsales más pálidos. Tiende a debilitar las plantas raspando o cortando los tallos a nivel del suelo.	Babosa o ligosas.	Son abundantes durante la época de lluvias porque los adultos necesitan una humedad relativa alta para evitar la deshidratación. Pueden comer la planta entera gracias a su sistema bucal altamente evolucionado.
ENFERMEDADES			
Fusarium <i>Fusarium</i> sp.	El tallo y las hojas del apio se van amarilleando y marchitando poco a poco como consecuencia de la enfermedad. La enfermedad comienza como una sequedad que se extiende desde la base del tallo y la raíz hasta la parte superior.	Tizón Temprano <i>Cercóspora</i> <i>apii</i> .	Como signo de la enfermedad, en las hojas más desarrolladas se forman pequeños puntos redondos de color marrón amarillento que se van haciendo más grandes y acaban adquiriendo un color gris ceniciento.
Mal del talluelo <i>Phythium</i> sp; <i>Rhizoctonia</i> sp	Enfermedad que puede atacar a las plántulas unos días después de que la semilla haya germinado y es provocada por hongos pertenecientes a los géneros <i>Phythium</i> y <i>Rhizoctonia</i> .	Tizón tardío <i>Septoria</i> <i>apii</i>	Es la enfermedad más frecuente del apio. En los tallos y las hojas se presenta como puntos amarillos.

Fuente: (Mainard, 1988, como se citó en Surec, 2017).

1.3. Fuentes de abonos orgánicos

Pastor (1990, como se citó en Quispe, 2020), afirma que la palabra "fertilizante" describe una variedad de sustancias directas e indirectas que afectan el crecimiento de las plantas y los cultivos, como nutrientes, sustancias que movilizan otras sustancias, catalizadores de procesos esenciales (en el suelo y en las plantas), modificadores de la flora microbiana beneficiosa, enmiendas que mejoran las cualidades del suelo, y más. Aquí, "fertilizante orgánico" se refiere a cualquier tipo de adición orgánica al suelo, incluidos los restos vegetales y el estiércol animal.

Su importancia estriba no solamente en la forma de los nutrientes que reciben las plantas, sino también en que los estiércoles orgánicos es una fuente de nutrientes y energía para el ecosistema del suelo, siendo los microorganismos los que ponen luego los nutrientes a disposición de las plantas en una proporción equilibrada y distribuida a lo largo de la estación de crecimiento. Otra característica importante de las enmiendas orgánicas es su habilidad para estimular el complejo de microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener bajo control las potenciales plagas y patógenos (Lampkin, 1998, como se citó en Quispe, 2020). La aplicación de abono orgánico es una forma eficaz de desarrollar una agricultura sostenible. Sin embargo, la aplicación de abono orgánico puede estar asociada a un riesgo potencial de contaminación por metales pesados para el suelo y los cultivos (Chen et al., 2024).

Tanto el purín como el estiércol están compuestos de lecho, orina y desechos animales. El purín es un líquido, mientras que el estiércol es un sólido que se puede manipular y almacenar como tal. Además de excrementos y orina, el estiércol a veces puede incluir lecho, normalmente paja, pero en ocasiones también incluye serrín, virutas de madera, periódicos o productos químicos. Por lo general, contiene restos de pienso para animales, agua de bebederos, agua de lluvia procedente de la limpieza de los establos y cualquier otro material que pueda entrar en el establo (Iglesias-Martínez, 1995). Por otra parte, las enmiendas orgánicas del suelo, como el compostado y la ceniza, han despertado interés recientemente como técnica agronómica útil para preservar la fertilidad del suelo y mejorar el rendimiento de los cultivos y el crecimiento de las plantas. Es comúnmente sabido que el compost aumenta el rendimiento de muchos tipos diferentes de cultivos (Libutti & Rivelli, 2021).

Según Shengchang-Huai et al. (2024) la disminución de la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos debido al cultivo intensivo tradicional ha impulsado el uso de fuentes orgánicas como la paja y estiércol para mejorar la salud del suelo y productividad de los cultivos. Investigaciones ha demostrado su influencia es positiva en la fertilidad del suelo, el crecimiento de las raíces de los cultivos y la productividad. Las incorporaciones profundas, mediante labranza de subsolado y labranza con arado profundo, mejoraron el almacenamiento de agua del suelo de una capa de suelo de 30 a 100 cm durante períodos de baja pluviosidad, mejoraron la disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y el contenido de materia orgánica del suelo, especialmente en suelos más profundos, en comparación con la incorporación superficial mediante labranza rotativa. Según Kumari et al. (2024) la descomposición de materia orgánica libera ácidos orgánicos e hidroxílicos que forman quelatos con Fe/Al/Mg o Ca, reduciendo la fijación de fosfato y mejorando la disponibilidad de P en el suelo. Los estudios han demostrado que la aplicación a largo plazo de estiércol orgánico y fertilizantes mejoró la productividad del cultivo y las propiedades del suelo en comparación con la fertilización química única en un sistema de cultivo de arroz-arroz en el suelo ácido de Orissa, India.

1.3.1. Estiércol de ovino

Si bien la concentración de minerales varía en gran medida según la dieta de la oveja, se pueden ofrecer algunos valores aproximados. En particular, el estiércol de oveja es notable por su elevado contenido de nitrógeno, un pH que puede ser un poco ácido, y una cantidad considerable de materia orgánica y compuestos orgánicos.

Tabla 1.9

Contenido nutricional del estiércol de ovino comparado con el del bovino y Gallinaza

Nutriente	Estiércol de bovino	Estiércol de ovino	Gallinaza	Estiércol de caprino
	kg t ⁻¹	%	kg t ⁻¹	%
Nitrógeno	14.2	2-3	34.7	2.5
Fósforo	11.7	0.2-0.4	30.8	0.6
Potasio	34.1	2-2.5	20.9	2.2
Calcio	36.8	3-5	61.2	8.0
Magnesio	7.1	1.5-2	8.3	0.2
Sodio	5.1	5	5.6	0.1
Sales solubles	50	20	56	--
M.O.	510	45-50	700	55

Fuente: Fertilab (s.f.) y secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (s.f.)

1.3.2. *Estiércol de gallinas*

El guano se recolecta al finalizar el ciclo productivo de la gallina y se esparce en áreas designadas y controladas para tratamiento aeróbico y secado al sol. Los cargadores frontales le dan vuelta repetidamente durante este período de dos meses en promedio para garantizar la uniformidad del secado. Posteriormente, el guano se tamiza a través de un tamiz grueso y fino para lograr uniformidad y mejorar su absorción por los cultivos. Luego se envasa en sacos de 40 kg. Este es un producto libre de rastros agrícolas y contaminantes (La calera Perú, 2016, como se citó en (Ortiz, 2019). Gallinaza forma parte de abonos orgánicos que se puede conseguir con facilidad; no obstante, se necesitan prácticas agrícolas más efectivas y sostenibles para satisfacer la creciente demanda de alimentos provocada por el cambio climático y los riesgos ambientales asociados con la agricultura intensiva. La agricultura orgánica se basa principalmente en la intensificación ecológica, que se ha sugerido como una solución a estos problemas y promueve la salud del suelo y la biodiversidad (Antichi et al., 2019).

Es imperativo utilizar estiércol de pollo como fertilizante orgánico para aumentar la productividad de los cultivos y la productividad del suelo. La gallinaza tiene un pH de 7.29, CE = 19.74 mS/cm; bases cambiables: Na = 0.85 cmol/kg, K = 1.51 cmol/kg, Mg = 0.63 cmol/kg, Ca = 9.71 cmol/kg; nutrientes: 5.954mg de N, 10.490 mg de P (Dikinya & Mufwanzala, 2010). Asimismo, se estima que la cantidad de virutas y estiércol de pollo que se puede recolectar al final de la crianza de los pollos en un gallinero oscila entre 1.5 y 2 kg por pollo, con una humedad del 20 al 30%. Esto depende de la cantidad de arena raspada y de la humedad del producto final (Estrada, 2005).

Los estudios han demostrado que, en comparación con los valores iniciales correspondientes, la aplicación a largo plazo (15 años) de estiércol de pollo y estiércol de vaca en dosis altas (103.46 t ha⁻¹ durante dos temporadas) aumentó significativamente las concentraciones de Cd, Cu, Zn y Cr en el suelo en un 230%, 66%, 110% y 86%, respectivamente. Las concentraciones de Zn, Fe, Cd, Pb, Cu y Cr en el grano de trigo con la aplicación a corto plazo de estiércol de vaca/ave de corral (4.2 t ha⁻¹) fueron 17.61–18.61, 16.83–17.98, 0.95–0.98, 0.71–1.49, 3.75–5.05 y 0.80–0.97 µg/g, respectivamente, y todos los valores (excepto Pb) fueron inferiores a los límites seguros correspondientes sugeridos por la FAO. Esto hace indicar que las fuentes estabuladas podrían incrementar también algunos metales pesados en los suelos y cultivos (Chen et al., 2024).

Tabla 1.10*Características de las composiciones del abono terrasur*

Descripción	Mínimo	Máximo	Unidad
Ph	7.1	8.2	pH
CE	4.8	36.1	dS m ⁻¹
MO	25.1	47.9	%
%H	12.0	25.9	%
N	1.6	2.2	%
P ₂ O ₅	4.2	6.5	%
K ₂ O	2.9	5.9	%
CaO	7.7	22.3	%
MgO	1.1	2.9	%
Na	0.2	1.0	%
Fe	1282	6230	ppm
Cu	54	88	ppm
Zn	342	1118	ppm
Mn	402	1005	ppm
B	54	113	ppm

Fuente: ficha técnica (<https://abonoterrasur.com/>).

1.3.3. *Estiércol de otros animales*

El contenido nutricional es muy variable en los estiércoles de los animales, en el siguiente cuadro se muestra la composición de macroelementos de algunos animales como vaca, caballo, gallinaza, oveja y cerdo:

Tabla 1.11*Composición de macronutrientes en los estiércoles en base seca.*

Estiércoles	N (%)	P₂O₅ (%)	K₂O (%)
Vaca	1.67	1.08	0.56
Caballo	1.5	1.15	1.3
Gallinaza	2 a 4	3	3.2
Oveja	1.6	2.5	1.8
Cerdo	1.81	1.1	1.25

Fuente: (AGRORURAL, 2009)

1.3.4. *Guano de isla*

Además de proporcionar los nutrientes mencionados, el guano de las islas también agrega microorganismos útiles que mejorarán la microflora del suelo y aumentarán en gran medida la actividad microbiana, dándole al suelo la apariencia de un ser vivo. Entre los microorganismos más importantes se encuentran los grupos de bacterias nitrificantes

Nitrosomonas y Nitrobáctery; el primero convierte el amonio en nitrito, mientras que Nitrobacter oxida el nitrito a nitrato, que es la forma principal en que las plantas absorben nitrógeno del suelo (No₃-) (Agrorural, s.f.).

Tabla 1.12

Resultados de análisis de guano de islas de San Rosa.

Composición	Muestra natural con 92% de agua, % en peso	
	En base seca (%)	
Ca	5.32	6.65
Oxido de calcio (CaO)	7.45	9.3
Mg	0.25	0.32
MgO	0.41	0.51
K	1.88	2.28
K ₂ O	2.2	2.75
Na	0.8	0.99
Na ₂ O	1.07	1.34
Silicio	0.17	0.21
oxido de silicio (SiO ₂)	0.36	0.45
P	3.28	4.09
P ₂ O ₅	7.5	9.37
S	1.51	1.89
SO ₂	3.78	4.72
Cl	1.54	1.93

Fuente: (Gamarra, 1962).

Tabla 1.13

Reporte de composición de los elementos menores en guano de las islas

Composición	Muestra natural		En base seca	
	% en peso	ppm	% en peso	ppm
Fe	0.0328	328	0.041	410
Mn	0.0200	200	0.025	250
F	0.0182	182	0.228	228
I	0.0053	53	0.006	66
B	0.0016	16	0.002	20
As	0.00002	0.2	0.00003	0.3
Sn	0.0243	243	0.0304	304
Cu	0.0024	24	0.0030	30
Sr	0.0024	24	0.0003	3
Al	0.0002	2	0.0003	3
Ti	0.0002	2	0.0003	3
Pb	0.0002	2	0.0003	3
Zn	0.0002	2	0.0003	3

Fuente: (Gamarra, 1962).

Tabla 1.14*Composición de macronutrientes de guano de las islas según Agrorural.*

Macronutrientes	Fórmula	Concentración (%)
Nitrógeno	N	12 – 14
Fósforo	P ₂ O ₅	10 – 12
Potasio	K ₂ O	2 – 3
Calcio	Ca	10
Magnesio	Mg	0.80
Azufre	S	1.5
Micronutrientes	Símbolo	Concentración (ppm)
Hierro	Fe	600
Zinc	Zn	170
Cobre	Cu	20
Manganeso	Mn	48
Boro	B	187
Molibdeno	Mo	76

Fuente: (AGRORURAL, 2009)

1.4. Densidad de plantas en siembra

Una densidad de plantación inadecuada para un cultivo puede resultar en rendimientos más bajos debido a la competencia intraespecífica e interespecífica por recursos como espacio, luz, agua y nutrientes (Gaspar, 2021). En hortalizas como apio, brocoli, etc., las densidades de siembra varían de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas, regionales (AgroRural, s.f.). En algunas hortalizas como brócoli, la alta densidad se asocia a bajos rendimientos de las inflorescencias, lo que significa que, si bien el peso de las inflorescencias será menor, la producción será mayor y el rendimiento por hectárea será mayor. El peso y el tamaño de las inflorescencias aumentan con la distancia de siembra (Jaramillo et al., 2016). Gaspar (2021) encontró en cuanto al peso, desarrollo general de las hortalizas es variable en función de las densidades de siembra, así como la calidad del cultivo presenta variaciones estadísticas significativas. Generalmente, en altas densidades de siembra se obtienen mayor desarrollo de la planta; mientras, en altas densidades se obtiene plantas con poco desarrollo a nivel individual.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Localización

El proyecto de investigación se llevó a cabo en Santiago de Huatatas, que se encuentra a 30 minutos del parque central de la ciudad de Huamanga (Plaza de Armas).

2.1.1. Ubicación política

- ✓ Departamento : Ayacucho
- ✓ Provincia : Huamanga
- ✓ Distrito : Tambillo

2.1.2. Ubicación geográfica

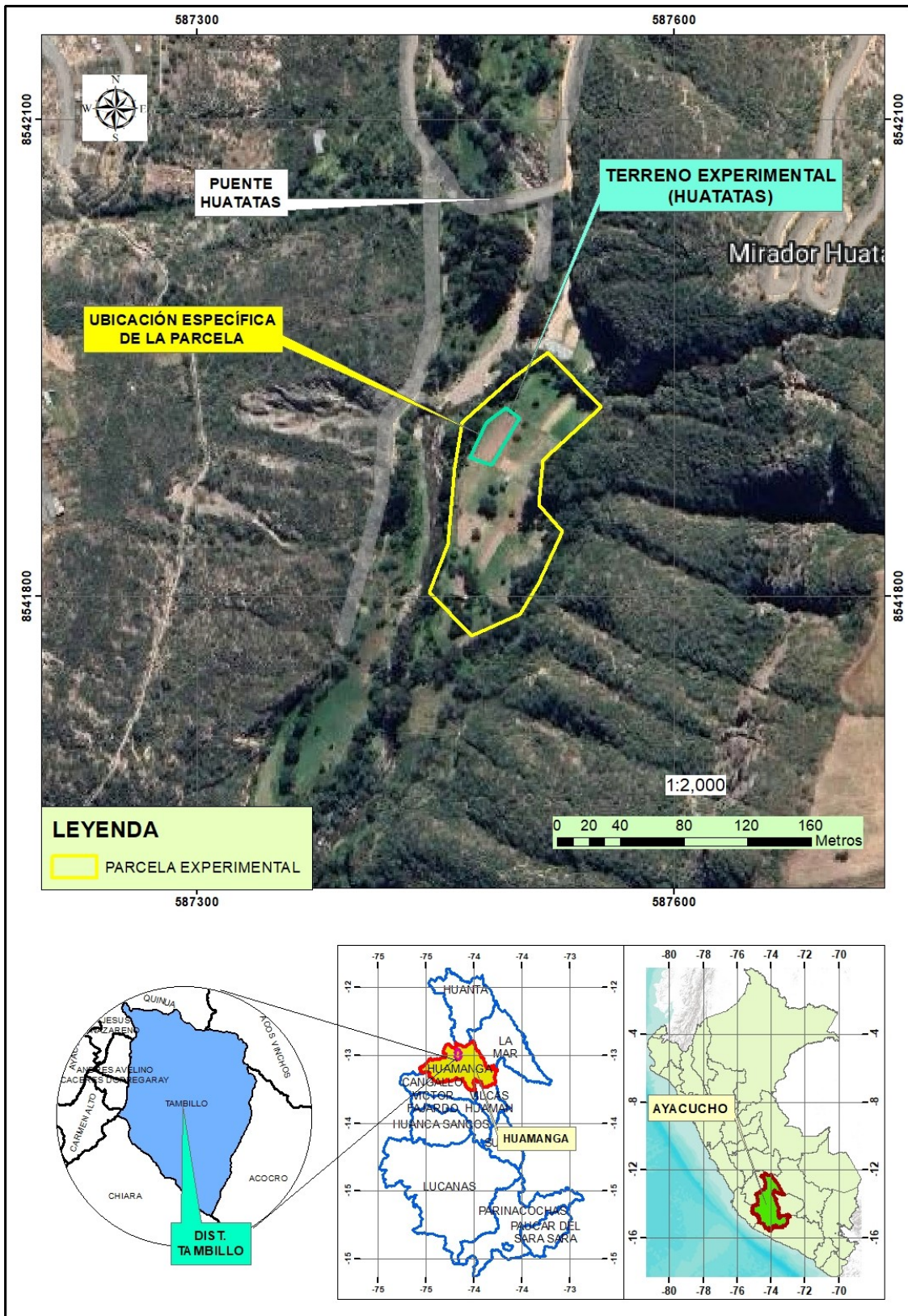
- ✓ Latitud : 13° 11' 17''S
- ✓ Longitud : 74° 11' 32''O
- ✓ Altitud : 2685 m.s.n.m.
- ✓ Región natural : Quechua

2.1.3. Ubicación ecológica

De acuerdo con el diagrama bioclimático utilizado por Holdridge para clasificar las zonas de vida, el Santiago de Huatatas se ubica en la zona ee-MBS (espino-montañosa subtropical), que abarca de 2000 a 3100 msnm.

Figura 2.1

Mapa de ubicación del lugar de instalación de la investigación. Huatatas, 2685 msnm.



2.2. Antecedentes de la parcela

El terreno presenta pendiente promedio de 2%, donde el año anterior estuvo ocupado por el cultivo de ruda.

2.3. Condiciones climáticas

La estación meteorológica de Canaán, a cargo de la Oficina de Operación y Mantenimiento Hidráulico (OPEMAN) y ubicada dentro del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), es donde se obtuvieron los datos meteorológicos. La estación se encuentra a una altitud de 2735 metros, en la latitud 13° 10' 0.06" S y longitud 74° 12' 22.92" O.

El área experimental presenta la temperatura promedio más baja de 6.5 °C y la temperatura promedio más alta de 27.7 °C, según la estación meteorológica INIA-Canaán. La precipitación total anual es de 569.9 mm. Las temperaturas máxima, mínima y media registradas entre junio de 2023 y mayo de 2024 fueron de 25.37, 10.09 y 17.73 C°, respectivamente, como lo muestra el balance hídrico de la Tabla 2.1. Durante la campaña agrícola del año 2024, la precipitación total fue de 639.60 mm. Entre abril y mayo de 2024, se presentó un déficit hídrico.

Tabla 2.1

Balance hídrico del registro de datos meteorológicos promedios de los años 2023 – 2024, Ayacucho – Huamanga

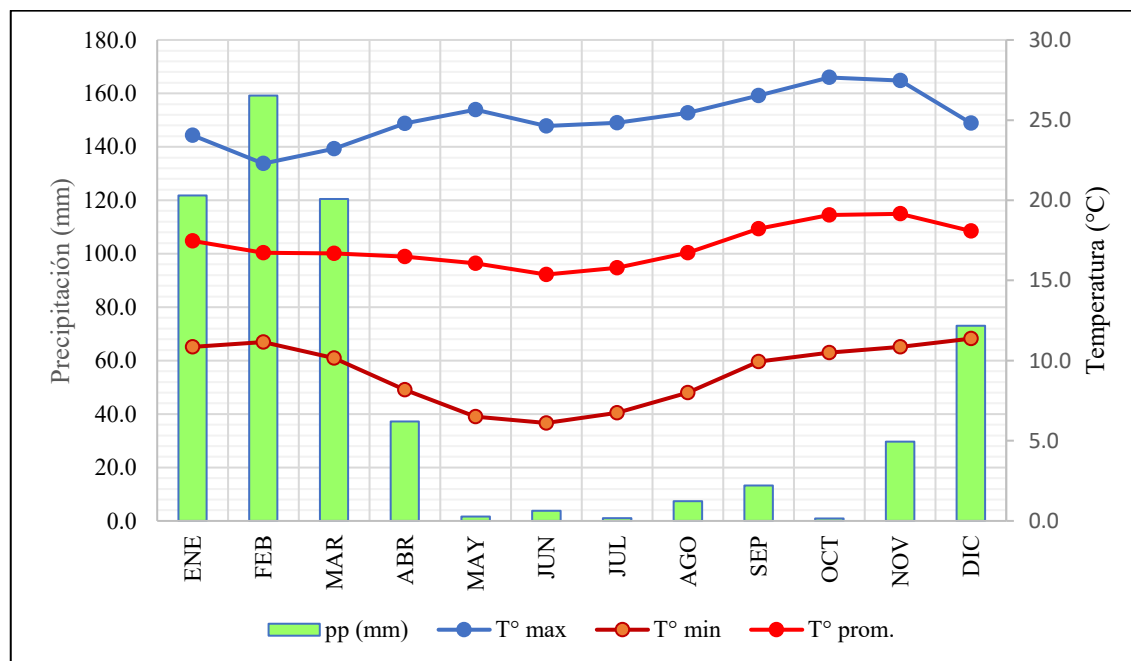
ESTACIÓN : INIA-CANAÁN		DISTRITO : AYACUCHO	ALTITUD : 2735 msnm										
		PROVINCIA : HUAMANGA	LATITUD : 13° 10' 00.06" S										
		DEPARTAMENTO : AYACUCHO	LONGITUD : 74° 12' 22.92" W										
DESCRIPCIÓN	UNID	AÑO 2023					AÑO 2024						
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Días		30	31	31	30	31	30	31	31	29	31	30	31
T° max. Media mensual	°C	25.2	25.7	26.5	26.0	26.4	26.5	24.7	24.8	24.6	24.2	25.3	24.6
T° min. Media mensual	°C	6.3	7.1	8.1	10.4	12.2	11.9	11.6	11.8	11.4	11.6	9.7	8.9
T° media mensual	°C	15.7	16.4	17.3	18.2	19.3	19.2	18.2	18.3	18.0	17.9	17.5	16.7
Factor de multiplicacion		4.96	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96	4.80	4.96
ETP	mm	77.97	81.52	85.92	87.22	95.90	92.18	90.12	90.57	83.66	88.88	83.86	82.91
Precipitación	mm	0.0	0.0	0.0	9.9	26.0	35.0	85.8	80.1	157.8	194.6	24.6	25.8
ETP ajustado	mm	46.48	52.93	52.93	53.73	59.08	56.79	55.53	55.79	51.53	54.77	51.67	51.08
Humedad del suelo	mm	-46.48	-52.93	-52.93	-43.83	-33.08	-21.79	30.27	24.31	106.27	139.83	-27.07	-25.28
Exceso	mm							30.27	24.31	106.27	139.83		
Déficit	mm	-46.48	-52.93	-52.93	-43.83	-33.08	-21.79					-27.07	-25.28

El climograma de la estación meteorológica del INIA-Canaán, elaborado a partir de la Tabla 2.1, se muestra en la Figura 2.2. Los meses de agosto, noviembre (26.5 °C) y Octubre (26.4 °C) presentan los picos de temperatura más altos, mientras que mayo (8.9

°C) y junio (6.3 °C) presentan las temperaturas más bajas. El mes de marzo tuvo la mayor precipitación (194.6 mm), mientras que el mes de julio tuvo la menor (0 mm).

Figura 2.2

Balance hídrico del registro de datos meteorológicos de campaña agrícola 2023 – 2024, Ayacucho – Huamanga.



2.4. Características del suelo

En la Tabla 2.2, se muestra las características principales del suelo experimental. El suelo experimental materia orgánica bajo (1.9 %); mientras, el fósforo y potasio se encuentran en nivel alto (33.76 ppm) y medio (151.76 ppm), respectivamente. Referente a la reacción del suelo, presenta ligeramente alcalino (pH = 7.4). Asimismo, la conductividad eléctrica fue 0.21 (suelo normal) y clases textural de franco arenoso. Asimismo, el PSI (Porcentaje de sodio intercambiable) se encuentra en 20.75% > 15%, lo que sugiere que el suelo contiene sodio en nivel alto y que podría tener influencia en el rendimiento.

Tabla 2.2

Características fisicoquímicas del suelo experimental – Valle Huatatas.

Descripción	Unidad	Valor	Interpretación	Método
Materia orgánica	%	1.9	Bajo	Walkley y Black
Nt	%	0.10	Pobre	Semi micro - Kjeldahl
P	Ppm	33.76	Alto	Olsen

Descripción	Unidad	Valor	Interpretación	Método
K	Ppm	151.76	Medio	Acetato de amonio a pH 4.8
pH	.-	7.4	Ligeramente alcalino	Potenciómetro
CICE	Cmol (+)/kg	12.25	Medio	
CE	dS m ⁻¹	0.21	Suelo normal	
Arena	%	54		
Limo	%	34	Franco Arenoso	Bouyoucos
Arcilla	%	12		
Clase textural	.-			
CATIONES CAMBIABLES				
Calcio	Cmol(+)/kg	3.86	Bajo	Método de acetato de amonio
Magnesio	Cmol(+)/kg	3.26	Alto	
Potasio	Cmol(+)/kg	2.58	Muy alto	
Sodio	Cmol(+)/kg	2.54	Muy alto	

Nota. Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare – LABSAF Canaán

En la Tabla 2.3 se muestra los balances catiónicos, donde todos resultaron en desequilibrio debido a que las cantidades de potasio y sodio tienen niveles muy altos; mientras, el calcio tiene nivel bajo.

Tabla 2.3

Evaluación de las relaciones catiónicos

Relaciones catiónicas	Rangos normales	Valor actual	Interpretación
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	5 – 8	1.18	Desequilibrio
Ca ⁺⁺ /K ⁺	14 – 16	1.49	Desequilibrio
Mg ⁺⁺ /K ⁺	1.8 – 2.5	1.26	Desequilibrio

2.5. Materiales, equipos e insumos

- ✓ Lampa
- ✓ Pico
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Cámaras fotográficos
- ✓ Flexómetro
- ✓ Vernier
- ✓ Balanza
- ✓ Lápiz y lapicero
- ✓ Manta y costales

- ✓ Cuchillo
- ✓ Estiércol de ovino
- ✓ Fungicida

2.6. Material vegetal y guano

2.6.1. Material vegetal

Los plantines de apio fueron adquiridos de la plantinera “Carlitos” ubicado en el distrito de Carabayllo de la región Lima.

Variedades: Las características de cada variedad se muestran en el marco teórico.

- ✓ Green giant F1
- ✓ Mambo F1

2.6.2. Estiércol de ovino

En la Tabla 2.4 se presenta el análisis de laboratorio de estiércol de ovino utilizado para el presente trabajo de investigación.

Tabla 2.4

Análisis de estiércol de ovino.

Composición nutricional	Unidades	Valores
pH (1:5)	--	8.9
CE	dS/m	5.24
N-org	%	2.16
P ₂ O ₅	%	1.10
K ₂ O	%	2.04
CaO	%	1.95
MgO	%	1.06
Na	%	0.10
MO	%	56.92
SO ₄	%	0.25
Fe	ppm	12,640.0
Cu	ppm	60.0
Zn	ppm	180.0
Mg	ppm	1,520.0

Fuente: Multiservicios Agrolab, laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes

2.7. Variables

En la Tabla 2.5 se muestra características y operacionalización de las variables independientes de este trabajo de investigación.

Tabla 2.5*Características de las variables independientes*

Variables independientes	Indicadores
Densidad de plantas	D1: Cama de 1.20 m trasplantada en un marco de 0.3 x 0.3 m, Calle de las camas 0.8m (66,660 plantas ha ⁻¹)
	D2: Cama de 1.20 m trasplantada en un marco de 0.2 x 0.2 m, Calle de las camas 0.8 m (150,000 plantas ha ⁻¹)
Abonamiento	E0: Sin estiércol (testigo)
	E1: 6 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino
	E2: 12 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino
Variedad	E3: 18 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino
	V1: Green giant F1
	V2: Mambo F1

En la Tabla 2.6 se muestra características y operacionalización de las variables dependientes de este trabajo de investigación.

Tabla 2.6*Características de los variables dependientes*

Variables dependientes	Indicadores
Rendimiento	1. Altura de planta
	2. Diámetro del cuello de la planta
	3. Número de peciolo por planta
	4. Rendimiento de apio

2.8. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randonizado (DBCR); con arreglo factorial de dos variedades, dos densidades de siembra y tres niveles de estiércol de ovino más un testigo; con 16 tratamientos y 3 bloques (repeticiones).

El modelo aditivo lineal

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + B_m + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

- ✓ Y_{ijkl} : Observación del tratamiento con el i-ésimo nivel de A, j-ésimo nivel de B, k-ésimo nivel de C, y l-ésima repetición.

- ✓ μ : Media general.
- ✓ α_i : Efecto del i-ésimo de variedad (factor A).
- ✓ β_j : Efecto del j-ésimo nivel de densidad de plantas (factor B).
- ✓ γ_k : Efecto del k-ésimo nivel de guano de ovino (factor C).
- ✓ $(\alpha\beta)_{ij}$: Interacción entre variedad y densidad.
- ✓ $(\alpha\gamma)_{ik}$: Interacción entre densidad de siembra y guano.
- ✓ $(\beta\gamma)_{jk}$: Interacción entre variedad y guano.
- ✓ $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: Interacción triple entre los tres factores.
- ✓ ϵ_{ijkl} : Error experimental
- ✓ $B_m = 1, 2, 3$ bloques

2.9. Tratamientos

En la Tabla 2.7 se muestra los detalles y características de los tratamientos de la presente investigación.

Tabla 2.7

Características de los tratamientos

Tratamientos	Código	Descripción
T1	V1xD1xE0	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T2	V1xD1xE1	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T3	V1xD1xE2	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T4	V1xD1xE3	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T5	V1xD2xE0	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T6	V1xD2xE1	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T7	V1xD2xE2	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T8	V1xD2xE3	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T9	V2xD1xE0	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T10	V2xD1xE1	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T11	V2xD1xE2	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T12	V2xD1xE3	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T13	V2xD2xE0	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T14	V2xD2xE1	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T15	V2xD2xE2	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T16	V2xD2xE3	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino

En la Tabla 2.8 se muestra los detalles y características de las unidades experimentales, donde se muestra que el bloque tiene 46.8 m², área total efectiva de 140.4m, las unidades experimentales en total 48 en las tres repeticiones.

Tabla 2.8

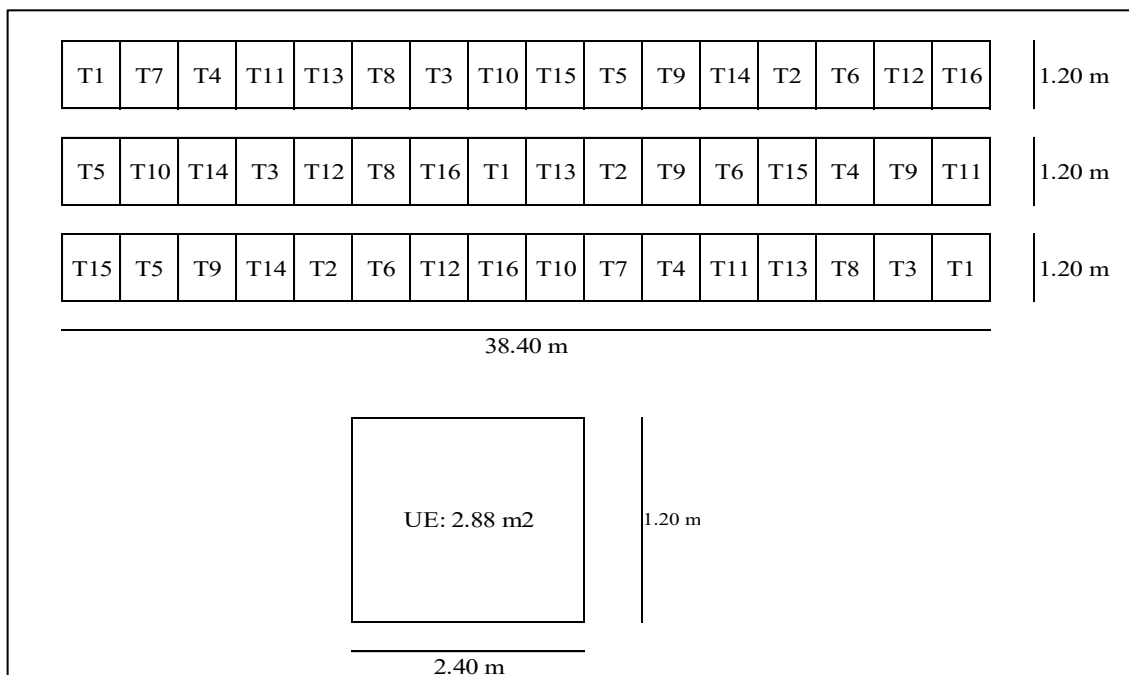
Características de unidades experimentales

Descripción	Unidad	Medida
Número de unidades experimentales	Unidades	48
Longitud del bloque	m	38.40
Ancho del bloque	m	1.20
Área de cada bloque	m ²	46.8
Camino o distancia entre bloques	m	0.80
Repeticiones	Unidades	3.0
UE por bloque	Unidades	16.0
Número de plantas por parcela	Unidades	72 y 32
Marco de plantación	Cm	0.20x0.20 y 0.30x0.30
Área total efectiva	m ²	140.4
Área total	m ²	199.6
Número de sub hileras por UE	Unidades	4 y 6

En la Figura 2.3 se muestra el croquis de las unidades experimentales, donde se observa que el ancho de los bloques es 1.20 m, longitud de 38.40 m y área de UE de 2.88 m².

Figura 2.3

Croquis de unidades experimentales (UE)



2.10. Análisis estadístico

Los resultados se evaluaron mediante un Análisis de Variancia (ANVA) y la prueba de contraste TUKEY, además medidas de asociación como la correlación, basándose en métodos de estadística inferencial.

2.11. Instalación y conducción del experimento

a) Muestreo del suelo

En esta etapa se dio inicio a las labores en campo, que consistieron en la recolección de una muestra de suelo, la cual fue enviada al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliar (LABSAF) Canaán – INIA para su respectivo análisis. Esta actividad se llevó a cabo el 6 de octubre de 2023.

b) Limpieza del terreno

Esta etapa comprendió la eliminación del desmonte, piedras y demás materiales indeseables presentes en el área de trabajo. La actividad se efectuó el 17 de diciembre de 2023.

c) Preparación del terreno

La labor se efectuó mediante tracción mecánica, utilizando un arado de discos a una profundidad de 0,25 m, seguido del uso de rastra con una pasada de motocultor provisto de su sistema de gradeo. La labranza primaria se llevó a cabo el 6 de enero de 2024, mientras que la labranza secundaria se realizó el 18 de enero de 2024.

d) Traslado y análisis del estiércol de ovino

El estiércol fue trasladado desde el C.P. Chiara, donde además se recolectó una muestra que posteriormente se remitió al Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – AGROLAB para su análisis correspondiente. Esta actividad se llevó a cabo el 5 de enero de 2024.

e) Demarcación del terreno

Se realizó la delimitación de bloques, parcelas, calles y surcos conforme al distanciamiento establecido, empleando wincha, flexómetro, yeso, cordel, estacas, pico y azadones. Asimismo, se colocó el cartel de identificación correspondiente. Esta actividad se efectuó el 8 de enero de 2024.

f) Nivelación

Una vez demarcado y preparado el terreno, se procedió a su nivelación empleando rastrillo y cordel para el alineamiento correspondiente, considerando los distanciamientos entre surcos y calles, de acuerdo con el croquis del campo experimental. Esta actividad se realizó el 8 de enero de 2024.

g) Abonamiento

Se incorporó estiércol ovino en las unidades experimentales seleccionadas al azar, conforme a los niveles detallados en la Tabla 2.9. Esta actividad se realizó el 9 de enero de 2024.

Tabla 2.9

Dosificación de cantidad de estiércol por UE

Fuente	Cantidad (t ha⁻¹)	Cantidad (kg UE⁻¹)
	0.0	0.0
Estiércol de ovino	6.0	2.88
	12.0	5.76
	18.0	8.64

h) Trasplante

La labor se efectuó conforme a la densidad de plantas por hectárea establecida en el experimento. Esta actividad se llevó a cabo el 26 de enero de 2024 en todas las parcelas o unidades experimentales.

i) Recalce

Esta labor se efectuó aproximadamente cinco días después del trasplante, reemplazando las plántulas que no lograron un adecuado prendimiento.

j) Riego

Esta labor se llevó a cabo durante todo el periodo vegetativo mediante el sistema de riego por inundación en camas, procurando aplicar el caudal adecuado para evitar daños o el arrastre de las plántulas.

k) Deshierbo

Esta labor se realizó de manera continua durante el desarrollo del cultivo, con el propósito de evitar la competencia de las malezas por agua, luz y nutrientes. El 16 y 17 de febrero de 2024 se llevó a cabo la faena de deshierbo con mayor intensidad.

l) Control fitosanitario

El control se realizó de manera preventiva mediante la aplicación del fungicida *Amistar Top*, siguiendo las recomendaciones de su ficha técnica. Esta actividad se efectuó el 30 de marzo de 2024.

m) Cosecha

La cosecha se efectuó de manera manual al alcanzar el apio su madurez comercial, a los 100 días después del trasplante. El primer día se realizaron las evaluaciones de las características productivas de ambas variedades. Esta actividad se desarrolló del 4 al 8 de mayo de 2024.

2.12. Evaluación de factores de rendimiento

a) Altura de planta

Se midió en 10 plantas al azar en todos los tratamientos desde el cuello de la planta hasta el ápice de la hoja más desarrollada, al final se expresó en centímetros.

b) Diámetro del cuello del tallo

Se midió en 10 plantas al azar por cada tratamiento el diámetro del cuello del tallo en el punto de corte, al final se expresó en milímetros.

c) Número de peciolo por planta

Se contabilizó los peciolo en 10 plantas al azar después de la cosecha, al final se expresó en unidades.

d) Rendimiento de apio (kg ha^{-1})

Se pesó en 10 plantas cosechadas al azar por cada tratamiento, luego se llevó con una relación aritmética a kg ha^{-1} .

e) Merito económico

Se estimó la utilidad neta de acuerdo al costo de producción de cada tratamiento, luego se expresó en porcentaje.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de la planta

Tabla 3.1

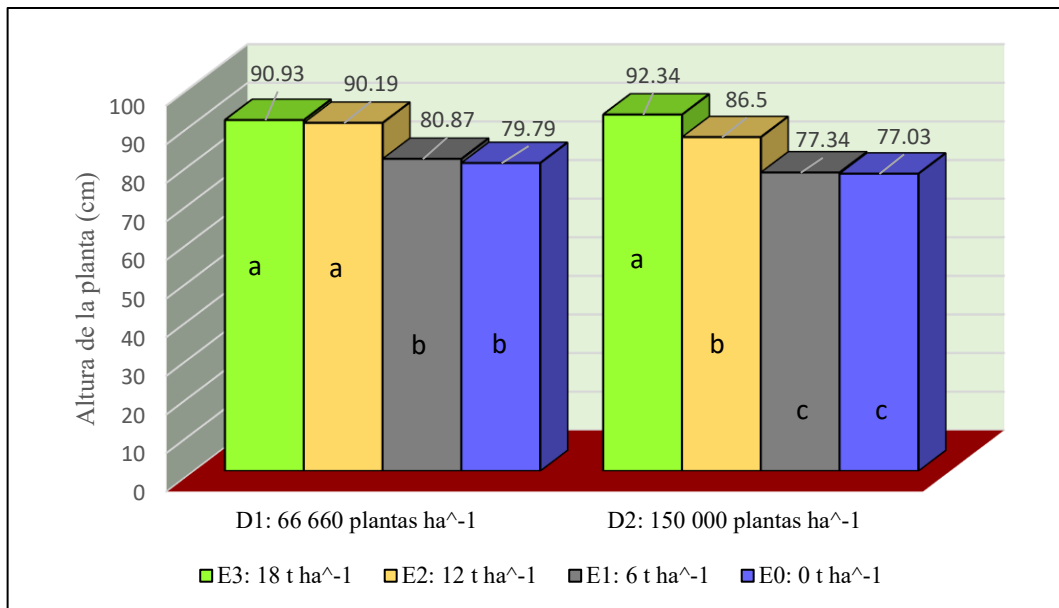
Análisis de varianza de altura promedio de la planta en variedades de apio por efecto de niveles de estiércol de ovino y densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	22.36	11.180	3.634	0.0386 *
Densidad (D)	1	55.00	55.000	17.878	0.0002**
Nivel de estiércol (E)	3	1582.19	527.397	171.437	<0.0001 **
Variedad (V)	1	87.53	87.530	28.453	<0.0001 **
Interacción (D*E)	3	52.03	17.343	5.638	0.0035**
Interacción (D*V)	1	128.64	128.640	41.816	<0.0001 **
Interacción (E*V)	3	21.09	7.030	2.285	0.0990ns
Interacción (D*E*V)	3	40.68	13.560	4.408	0.0110*
Error	30	92.29	3.076		
Total	47	2081.81			
C. V (%):	2.08				

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de varianza de la altura promedio del apio. Los resultados indican que las fuentes de variación fueron estadísticamente significativas, excepto la interacción entre niveles de estiércol de ovino y variedades de apio (E*V). La significancia de los efectos principales de densidad, nivel y variedad indica que estos factores influyen positivamente en la altura de la planta. Asimismo, la interacción significativa entre la densidad de plantas, niveles de estiércol y variedades permite realizar un análisis de efectos simples con el objetivo de examinar el comportamiento de interacción entre estos factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 2.08%, lo cual nos indica una alta precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura 3.1

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) altura promedio de la planta de apio, por efectos simples de densidad de plantas y niveles de estiércol en promedio de variedades de apio. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.1 se muestra la comparación de medias Tukey de los efectos simples de las interacciones de densidad de plantas con niveles de estiércol de ovino. Se observa que, empleando la menor densidad de plantas (66 660 plantas ha⁻¹) con niveles de 18.0 y 12.0 t ha⁻¹ de estiércol, se encontró mayor altura, cuyos valores resultaron 90.93 y 90.19 cm, respectivamente, estos superaron al testigo estadísticamente con incrementos de 13.96% y 11.53%, respectivamente.

Por otro lado, al emplear alta densidad de plantas (150 000 plantas ha⁻¹) más 18 t ha⁻¹ de estiércol, se encontró altura estadísticamente superior al resto, superando al testigo en 15.31 cm, lo que representa un incremento de 19.87%. Mientras, con los demás niveles de estiércol se encontraron alturas más bajas.

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Machaca (2007), quien al aplicar mayores cantidades de estiércol efectos (38 t ha⁻¹) favorables en crecimiento en altura de las plantas de apio en comparación con el tratamiento testigo (sin guano). Asimismo, Shengchang-Huai et al. (2024) destacan que, el uso de las fuentes orgánicas como el estiércol mejora la calidad y fertilidad del suelo, y esto se traduce en elongación de cultivos hortícolas como el apio. Kumari et al. (2024) señalan que, al descomponerse de materia orgánica libera ácidos orgánicos capaces de formar quelatos, reduciendo la

fijación del fosfato y mejorando su disponibilidad en el suelo y, como consecuencia, se incrementan los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) disponibles, lo que promueve un mayor desarrollo y elongación de las plantas hortícolas como el apio. En esta misma línea, Sevinç-Başay et al. (2025) corroboraron que la aplicación de abonos orgánicos, como el estiércol de corral, tiene un efecto positivo en la altura de cultivos como la berenjena, específicamente durante el primer año de aplicación, esto evidencia el beneficio de estiércoles.

Según el análisis de suelo, tanto los niveles de P y K se encuentran en niveles altos y medio, respectivamente; por lo que estos nutrientes no fueron limitantes para cultivo de apio. Estos hallazgos son consistentes con los reportes de Kumari et al. (2024), quienes, en suelos similares, con textura franco-arenosa y con niveles adecuados de fósforo y potasio favorecieron al desarrollo de cultivos hortícolas.

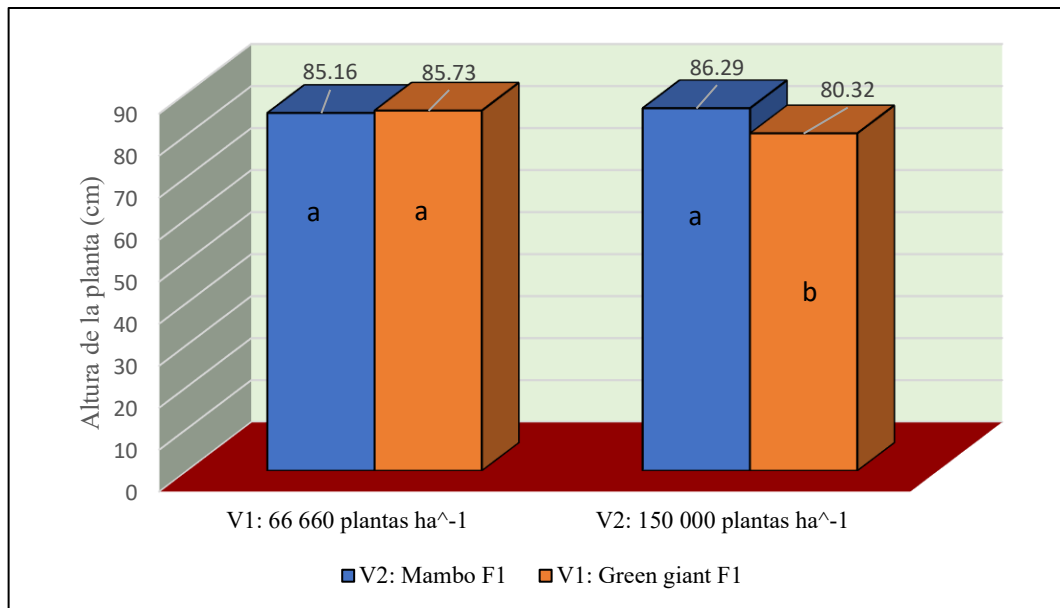
Al igual que los otros abonos orgánicos, el estiércol de ovino incrementa la MO del suelo, lo cual mejora la estructura y su capacidad de retener al agua y posteriormente libera sus nutrientes. Esto favorece al desarrollo radicular y, posteriormente, también favorece la eficiencia en absorción de los nutrientes esenciales para la planta (Navarro et al., 2020; Das et al., 2023).

Kumari et al. (2024) y Kan et al. (2024) coinciden en afirmar que, a diferencia de los fertilizantes sintéticos, los abonos orgánicos como estiércol de ovino liberan sin fin de sustancias en el suelo, de manera lenta en mediano y largo plazo, estas características evitan el estrés de cultivos por deficiencias nutricionales de la planta; los que finalmente promueve un crecimiento y desarrollo equilibrado de los cultivos como el apio.

Finalmente, el alto contenido de sodio en el suelo pudo ser mitigado parcialmente por la aplicación de estiércol, el cual, según Gondal et al. (2021), puede mejorar la estructura del suelo y reducir la toxicidad por sodio mediante el aumento de la actividad microbiana y la liberación de ácidos orgánicos.

Figura 3.2

Prueba de Tukey (0.05) de altura de la planta de apio, por los efectos simples de densidad de plantas y variedades en promedio de las dosis de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.2, en cuanto a los efectos simples de densidades de plantas y variedades en altura de la planta de apio; al utilizar la menor densidad de plantas se encontraron respuestas similares estadísticamente (“a”) en ambas variedades, cuyos valores resultaron 85.16 y 85.73 cm, para Mambo F1 y Green giant F1, respectivamente. Al utilizar la alta densidad de plantas (150,000 plantas ha⁻¹), la variedad híbrido Mambo F1 resultó superior estadísticamente a comparación de la otra variedad (Green giant F1), cuyo valor contenido fue 86.29 cm, lo cual tiene una ventaja de 5.97 cm, equivalente a un incremento de 6.91%.

Los resultados de este estudio destacan la importancia de las fuentes orgánicas como estrategia clave para mejorar la productividad del cultivo de apio; asimismo, la adecuada combinación de densidad de plantas y variedades influyen en mejora del rendimiento. Estos resultados coinciden con los reportados por Surec (2017), quien tras aplicar 3 densidades de siembra en apio determinó que la mayor altura de planta resultó con la densidad más alta (113,905 plantas ha⁻¹). Además, menciona que al incrementar la densidad a 150,000 plantas ha⁻¹, se encontró altura de 86.9 cm, evidenciando una relación positiva entre la densidad de siembra y el crecimiento en altura del cultivo. Finalmente, concluye que este efecto se debe a la formación de un microclima por mayor cantidad de plantas.

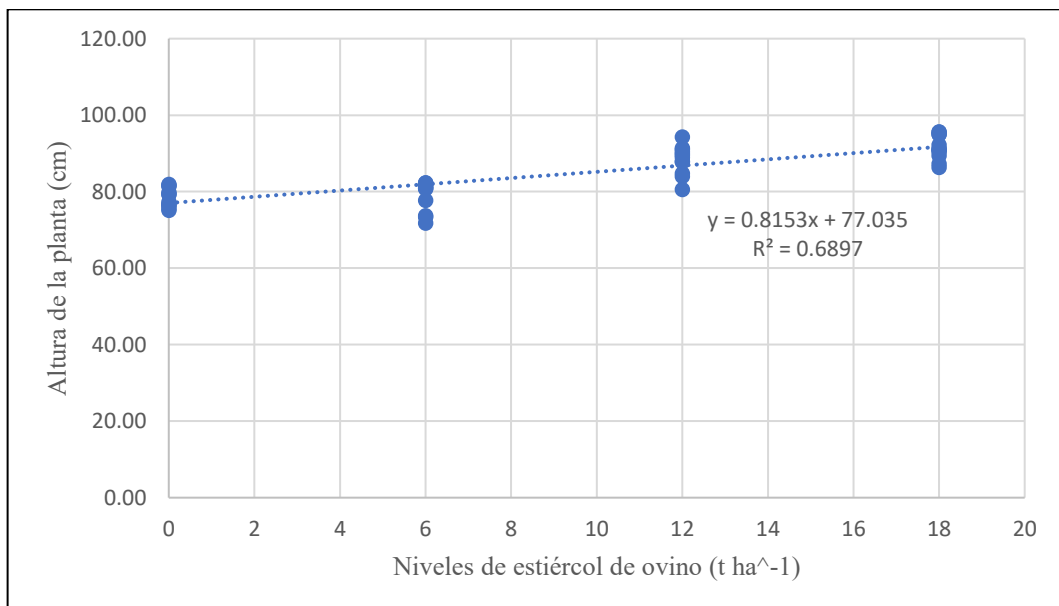
En cuanto al efecto de las densidades de siembra, Palomino (2022) señala que un aumento en la densidad de siembra genera una condición menos apropiada para el crecimiento vegetal, favoreciendo la competencia intraespecífica por la luz. Este explica que las plantas el incremento de altura a más en alta densidad. Por otra parte, Tang et al. (2025), quienes afirman que, utilizar una adecuada densidad de plantas no solo mejora la captación de luz, sino que también favorece la circulación del aire y optimiza el uso de los recursos, esto explica el mejor desarrollo en bajas densidades del cultivo de apio.

En las condiciones de Huatatas, se encontró que el pH ligeramente alcalino no fue limitante a las respuestas del cultivo apio, ya que tuvieron un desarrollo considerable, el cual coincide al contrastar con los reportes de Navarro et al. (2020), quienes, tras evaluar fertilización orgánica en apio, encontraron baja influencia de pH (ligeramente alcalino) en desarrollo de apio.

Por otra parte, en Huatatas se encontró respuesta resaltante de Mambo F1, aun en suelos de materia orgánica pobre (1.9%). Estos coinciden con los hallazgos de Zheng et al. (2023), quienes, al evaluar efectos de acolchado y altas densidades de apio, encontraron mayores alturas de las plantas con baja materia orgánica. Ellos atribuyeron al efecto de MO al descomponerse.

Figura 3.3

Regresión de altura de la planta de apio, por efecto del promedio los niveles de estiércol de ovino y densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm.



En la Figura 3.2 se muestra la regresión de la altura promedio del apio, cuyos resultados se ajustan a un modelo de regresión lineal: $y = 0.8153x + 77.035$. Esto indica que, a medida que se incrementan los niveles del estiércol, la altura del apio aumenta de manera proporcional. Según la ecuación obtenida, por cada unidad adicional de estiércol aplicada, la altura de la planta se incrementa en 0.8153 cm. Por otro lado, en el testigo (sin aplicación de estiércol de ovino), la altura promedio obtenida es de 77.035 cm.

3.2. Diámetro del cuello

Tabla 3.2

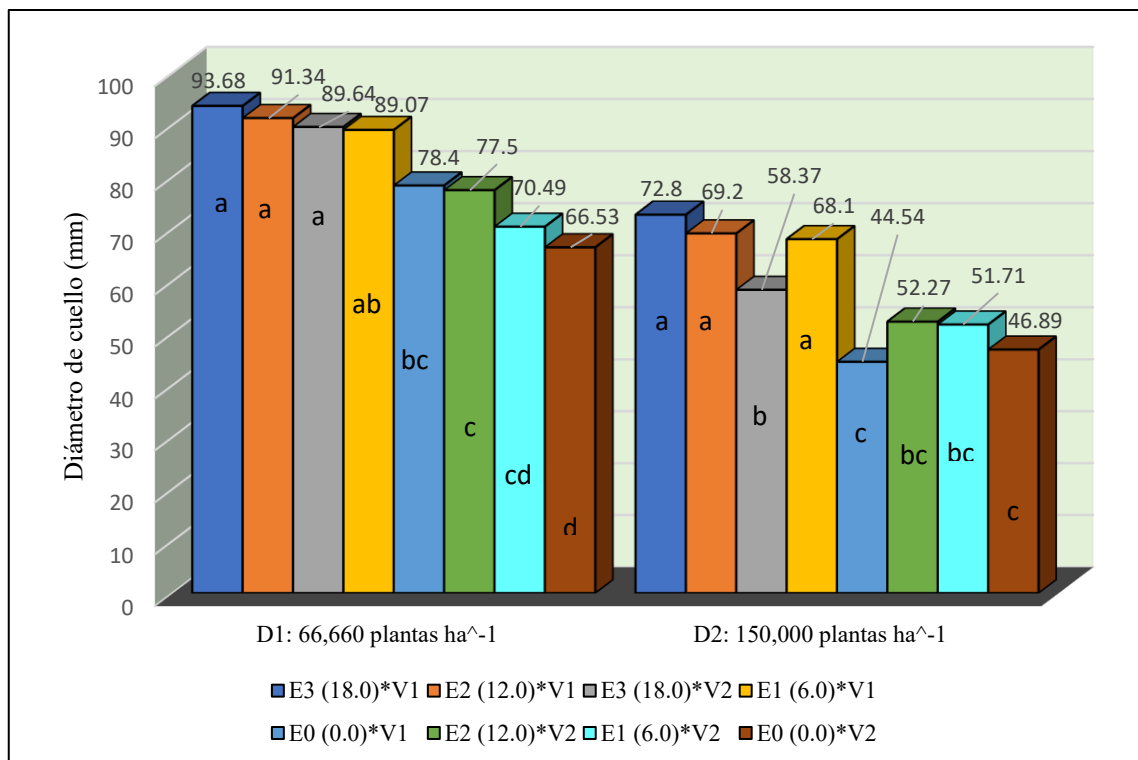
Análisis de varianza del diámetro promedio de tallo en variedades de apio, por efecto de densidad de y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	11.52	5.760	0.469	0.6299ns
Densidad (D)	1	69.67	69.670	5.675	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	2399.97	799.990	65.169	<0.0001**
Variedad (V)	1	1647.95	1647.950	134.245	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	86.81	28.937	2.357	0.0916ns
Interacción (D*V)	1	1.61	1.610	0.131	0.7198ns
Interacción (E*V)	3	304.02	101.340	8.255	0.0004**
Interacción (D*E*V)	3	241.68	80.560	6.563	0.0015**
Error	30	368.27	12.276		
Total	47	5131.5			
C. V (%):		5.00			

La Tabla 3.2 muestra el análisis de varianza para el diámetro promedio del cuello de apio (Green Giant F1 y Mambo F1). Los resultados indican que las fuentes de variación resultaron estadísticamente significativas, excepto las interacciones entre la densidad de plantas y variedades (D * V) y entre la densidad de plantas y niveles de estiércol (D * N). La significancia de los efectos principales de densidad, nivel y variedad indica que estos factores influyeron positivamente en el diámetro del cuello del apio. Asimismo, la interacción significativa entre las variedades y los niveles de estiércol de ovino permite realizar un análisis de efectos simples, con la finalidad de examinar el comportamiento de la interacción entre estos factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 5.0%, lo cual nos confiere precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura 3.4

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del diámetro de cuello del apio, por los efectos simples de la interacción variedad * estiércol en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm.



La Figura 3.4 presenta la comparación de medias Tukey de efectos simples de la interacción de niveles de estiércol y variedades en cada densidad de plantas de apio. Al utilizar la densidad de plantas más baja (66,660 plantas), se encontró diámetro máximo de 93.68 mm, lo cual fue producto del efecto de la interacción de estiércol 18 t ha⁻¹ y V1: Green giant F1; no obstante, este no se diferenció claramente en comparación del efecto de las interacciones: E2*V1, E3*V2 y E1*V1.

Al utilizar la densidad de plantas más alta (150,000 plantas), bajo el efecto de las interacciones 18 t ha⁻¹ y V1 (Green giant F1) se encontró un diámetro máximo de 72.8 mm de cuello.

Al emplear la más baja densidad de plantas, en condiciones de Huatas el diámetro de cuello resultó 93.68 mm en Green Giant F1. Estos resultados indican que el incremento de niveles de guano favorece un mayor desarrollo del cuello de la planta. Este reporte es superior a los hallazgos de Quispe (2020), quien tras aplicar 9 t ha⁻¹ de fuente orgánica (gallinaza), reportó un diámetro máximo de cuello de apio (77.3 mm). Asimismo,

Machaca (2007) al aplicar 38 t ha^{-1} de estiércol de ovino reportó diámetro máximo de 72 mm, aunque la dosis de abono es más alta que los aplicados en Huatatas.

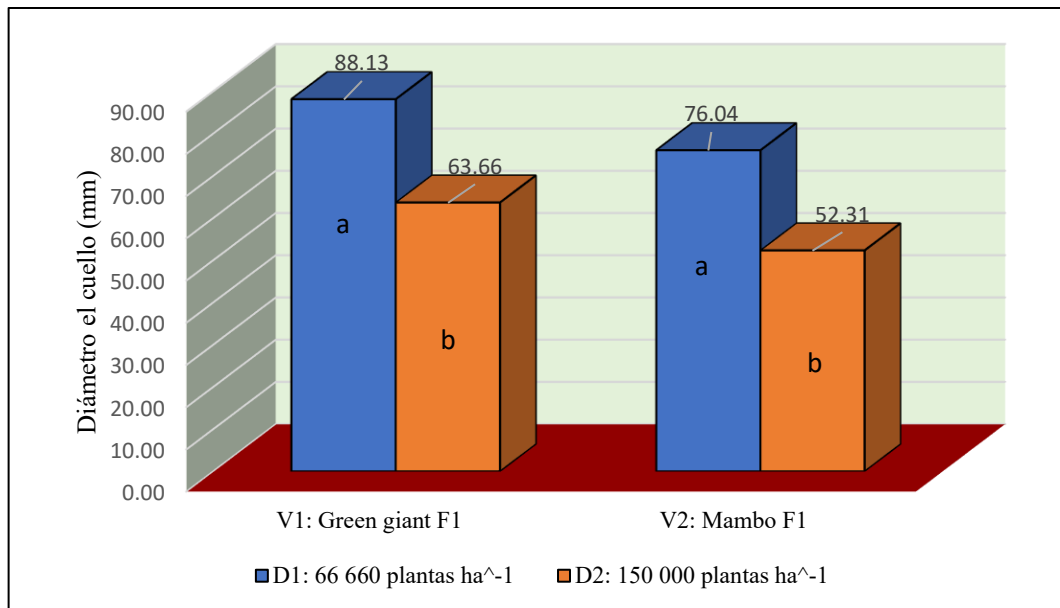
Muchas investigaciones han demostrado que la materia orgánica es muy fundamental en el suelo, lo cual mejora la estructura y su capacidad de retener al agua y posteriormente libera sus nutrientes (Das et al., 2023). Esto favorece al desarrollo radicular y, posteriormente, también favorece la eficiencia en absorción de los nutrientes esenciales para la planta (Navarro et al., 2020). Asimismo, se ha demostrado que la MO enriquece el microbiota del suelo, facilitando procesos como la mineralización de nutrientes y la síntesis de fitohormonas (Gondal et al., 2021). Otros autores han demostrado que algunos microorganismos liberan sustancias como las auxinas que estimulan el desarrollo como la altura y diámetro de las plantas (Zheng et al., 2023). Todas estas afirmaciones explican el buen rendimiento encontrado en el cultivo de apio en condiciones de Huatatas.

Uno de las condiciones críticas que se ha encontrado es el pH ligeramente alcalino (7.4) y sodio intercambiable alto ($20.75\% > 15\%$). Gondal et al. (2021) afirman que un pH alcalino puede reducir disponibilidad de micronutrientes esenciales como Fe y Zn. No obstante, el análisis de estiércol de ovino evidenció que es rico en micronutrientes (Fe: 12,640 ppm y 180 ppm de Zn). Por lo tanto, la aplicación de este estiércol pudo haber contrarrestado las posibles limitaciones en el suelo actuando como una enmienda correctiva, gracias a efecto quelatizante de la materia orgánica.

Según las conclusiones de Du et al. (2020) y Dhaliwal et al. (2019), el estiércol mejora sistemáticamente en suelo en su conjunto en rendimiento de los cultivos en general; todo ello es fundamental comprender del por qué el nivel más alto de estiércol de ovino (18.0 t ha^{-1}) influyó significativamente en diámetro de apio (93.68 mm). Además, al análisis de estiércol arrojó 2.16% de Nitrógeno orgánico (N-org) y 2.04% de K_2O (Potasa), que son esenciales para desarrollo de tallos y peciolos de apio. Asimismo, el suelo tenía 1.9% de MO que es baja, esta limitación fue sustituido por la alta composición de MO (56.92%) de estiércol de ovino.

Figura 3.5

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de diámetro promedio de cuello de apio, por los efectos simples de variedad y densidad de plantas en promedio de los niveles de estiércol. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.5 se muestra comparación de medias Tukey de los efectos simples de variedades y densidades de plantas en diámetro del cuello de apio. Tanto en la variedad Gree giant F1 y Mambo F1, al emplear la densidad de plantas más baja por unidad de superficie (d1: 66,660) se alcanzó diámetros del cuello más alto y distinto estadísticamente a comparación de la densidad alta, cuyos valores resultaron 88.13 y 76.04 mm, los cuales equivalen a los incrementos de 38.43% y 45.36%, respectivamente. A partir de este resultado podemos afirmar que a más densidad de plantas el desarrollo del diámetro del cuello disminuye.

En esta investigación, se encontró que la menor densidad de siembra (66,660 plantas ha⁻¹) favoreció el mayor diámetro del cuello del apio, lo cual coincide con las colusiones de **Surec (2017)**, quien, al evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el cultivo de apio, concluyó que la menor población de plantas favorece en mayor desarrollo del diámetro del cuello de apio. Este comportamiento atribuyó a la reducción de la competencia intraespecífica, permitiendo una mejor absorción de agua, nutrientes y luz, lo que promueve un crecimiento óptimo del cultivo.

Asimismo, estos resultados se sustentan con las conclusiones de Lipinski et al. (2002), quienes afirman que, densidades de siembra más elevadas pueden afectar

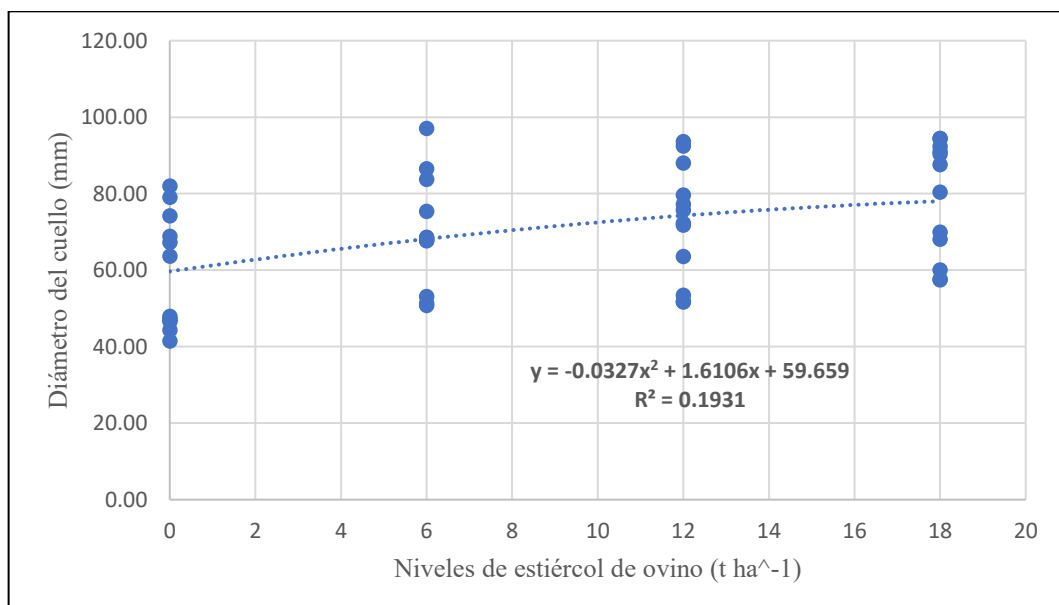
negativamente la productividad del cultivo, debido a la competencia por recursos esenciales. En este contexto, el espaciamiento adecuado entre plantas se convierte en un factor clave para optimizar el rendimiento del apio, asegurando un equilibrio entre rendimiento total y desarrollo estructural de cada planta.

Los resultados de análisis de suelo experimental revelan un contenido baja de MO (1.9%), lo que evidencia cierta limitación del suelo para poder suplir nutrientes en forma natural y retener humedad. En este contexto, la incorporación de estiércol de ovino (con 2.16% de N orgánico y una alta concentración de macro y micronutrientes) se presenta como una estrategia clave para remediar estas deficiencias. Investigaciones como las de Du et al. (2020) y Dhaliwal et al. (2019) confirman que la aplicación de estiércoles mejora la fertilidad del suelo al incrementar la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas.

No obstante, el análisis de suelo también revela pH ligeramente alcalino y una alta concentración del porcentaje de sodio intercambiable (PSI = 20.75%); al respecto, Gondal et al. (2021) mencionan que, un pH alcalino puede reducir la disponibilidad de ciertos micronutrientes como el Fe y Zn a pesar de que el estiércol de ovino aplicado los contiene en abundancia (Fe: 12,640 ppm; Zn: 180 ppm). Pero según los resultados encontrados, esta enmienda parece haber mitigado.

Figura 3.6

Regresión del diámetro de cuello de variedades de apio en función de los niveles de estiércol de ovino en promedio de densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm



La Figura 3.6 muestra regresión del diámetro promedio del cuello de la planta, ajustándose ligeramente a un modelo cuadrático, $y = -0.0327x^2 + 1.6106x + 59.659$. Este modelo sugiere que el diámetro del cuello de apio alcanza un valor máximo en un nivel óptimo de estiércol de 24.6 t ha^{-1} , para luego decaer. El coeficiente de determinación indica que solo el 19.31% de la variabilidad del diámetro del cuello puede ser explicado con este modelo.

3.3. Número de pecíolos por planta

Tabla 3.3

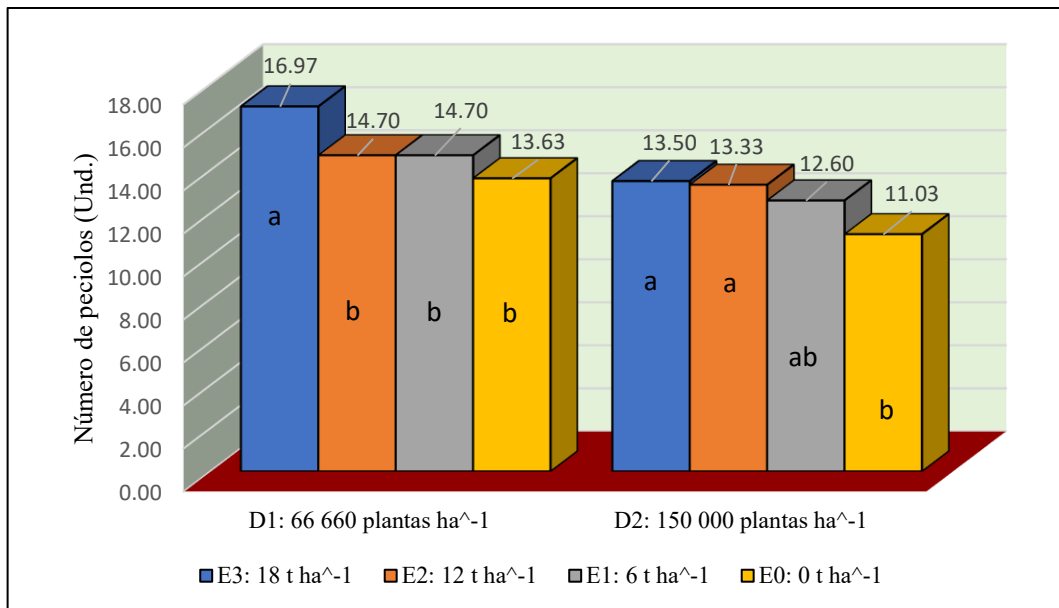
Análisis de varianza del número promedio de pecíolos de variedades de apio, por efecto de densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.56	0.280	0.681	0.5152ns
Densidad (D)	1	68.16	68.160	165.705	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	51.30	17.100	41.572	<0.0001**
Variedad (V)	1	167.25	167.250	406.605	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	7.00	2.333	5.673	0.0033**
Interacción (D*V)	1	0.05	0.050	0.122	0.7213ns
Interacción (E*V)	3	15.58	5.193	12.626	<0.0001**
Interacción (D*E*V)	3	10.65	3.550	8.630	0.0003**
Error	30	12.34	0.411		
Total	47	332.89			
C. V (%):		4.65			

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza del número promedio de pecíolos por planta de apio (Green Giant F1 y Mambo F1). Aquí se observa que las fuentes de variación fueron estadísticamente significativas, excepto la interacción entre densidad de plantas y variedades (D*V). La significancia en los efectos principales de densidad, nivel de estiércol y variedad indican que estos factores influyeron positivamente en la cantidad de pecíolos. Además, la interacción significativa de variedades, niveles de estiércol y densidad de plantas nos permite analizar los efectos simples de los factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 4.65%, lo que indica precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura 3.7

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de número promedio de peciolo de apio, por los efectos simples de densidad y niveles de estiércol en cada variedad. Tambillo, 2685 msnm



La Figura 3.7 presenta la comparación de medias Tukey de los efectos simples de la densidad de plantas y niveles de guano de ovino en el número promedio de peciolo del apio. Al aplicar 18 t ha⁻¹ de guano en una población de menor densidad de plantas (66,660 plantas ha⁻¹) se encontró número de peciolo superior estadísticamente, cuyo valor encontrado fue 16.97 unidades, superando al testigo con 3.34 und., lo cual es equivalente a un incremento de 19.81%. Al utilizar alta densidad de plantas (150,000 plantas ha⁻¹) se encontraron respuestas similares con la aplicación de 18, 12 y 6 t ha⁻¹, con valores de 13.50, 13.33 y 12.60 unidades, respectivamente. En general, a menor densidad se logró obtener mayor número de peciolo por planta.

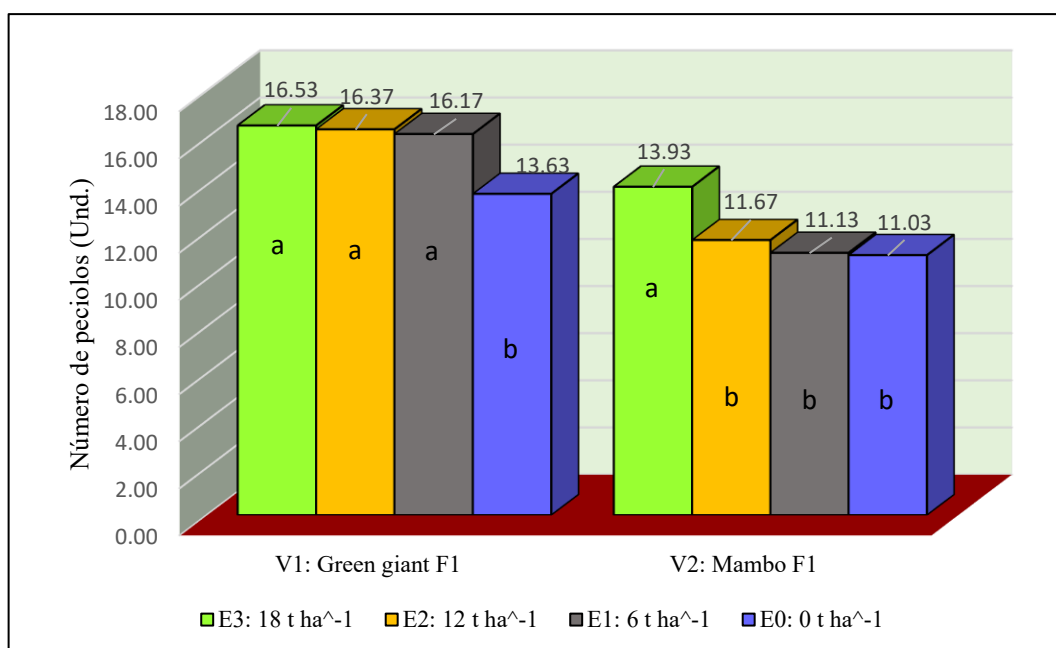
En primer lugar, el análisis de suelo revela una condición limitante principal: un Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) alto (20.75%). Un PSI > 15% indica problemas de sodicidad, lo que puede deteriorar la estructura del suelo, reducir la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes, afectando negativamente el desarrollo radicular y, por ende, el rendimiento del cultivo (Dhaliwal et al., 2019). Sin embargo, la aplicación de guano de ovino parece haber mitigado este efecto. El análisis del estiércol muestra que es rico en Materia Orgánica (MO = 56.92%). La incorporación de MO mejora la estructura de los suelos sódicos al promover la agregación, aumentar la porosidad y facilitar el lavado de sales, mejorando el ambiente radicular (Du et al., 2020; Zheng et al., 2023).

El estiércol también presentó un pH alcalino (8.9), similar al del suelo (7.4). Gondal et al. (2021) explican que, en suelos alcalinos, la disponibilidad de micronutrientes como el Zn y el Fe se reduce. Si bien el estiércol es rico en estos elementos (Fe = 12,640 ppm; Zn = 180 ppm), su alta alcalinidad podría limitar su disponibilidad inmediata para las plantas. No obstante, la actividad microbiana promovida por la materia orgánica del estiércol ayuda a acidificar la rizosfera y facilitar la solubilización de estos nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo (Kan et al., 2024), lo que probablemente sustentó el crecimiento observado.

Kumari et al. (2024) afirman que la descomposición de materia orgánica libera ácidos orgánicos e hidroxílicos que forman quelatos con Fe, Al, Mg o Ca, reduciendo la fijación de fosfato y mejorando la disponibilidad de P en el suelo. Esto podría justificar los mejores incrementos de los peciolo de apio, debido a que los abonamientos son más eficientes en suelos pobres. Asimismo, Libutti y Rivelli (2021) afirman que la materia orgánica libera un sinnúmero de sustancias en el suelo, los que influyen en los cultivos y su desarrollo general. Asimismo, concluyen que estos actúan en la estabilización de pHs extremos, lo que podría justificar las mejores respuestas de apio en condiciones de Huatatas.

Figura 3.8

Prueba de Tukey (0.05) de número promedio de peciolo, por efectos simples de variedad y niveles de estiércol en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm.



En la Figura 3.8 se muestra la comparación de medias de Tukey de los efectos simples sobre el número promedio de pecíolos de apio, bajo el efecto de niveles de estiércol y variedades de apio. En la variedad Green giant F1, al aplicar los niveles de guano de ovino 18, 12 y 6 t ha⁻¹ se encontraron respuestas similares estadísticamente (“a”), cuyos valores resultaron 16.53, 16.37 y 16.17 unidades, respectivamente. En esta variedad, únicamente el testigo resultó inferior estadísticamente (13.63 und.).

En la variedad Mambo F1, con la aplicación de estiércol de ovino 18.0 t ha⁻¹, se encontró una respuesta superior estadísticamente respecto a los demás, cuyo valor resultó 13.93 unidades de pecíolos; este mantiene un incremento de 20.81% en comparación del testigo (Figura 3.8). Estos resultados coinciden con lo reportado por Machaca (2007), quien, en su investigación, encontró que la aplicación de 38 t ha⁻¹ de estiércol de ovino aumento el número de pecíolos a 12 unidades, en comparación con el testigo. Al respecto, Libutti y Rivelli (2021) sostienen que la incorporación de materia orgánica, al mineralizarse, favorece el desarrollo de diversos cultivos como las hortalizas y especies perennes. Asimismo, Barrera (2016) afirma que a mayor cantidad de materia orgánica, los cultivos se desarrollan mejor debido al incremento de la fertilidad de los suelos, estos justifican los efectos positivos de estiércol de ovino.

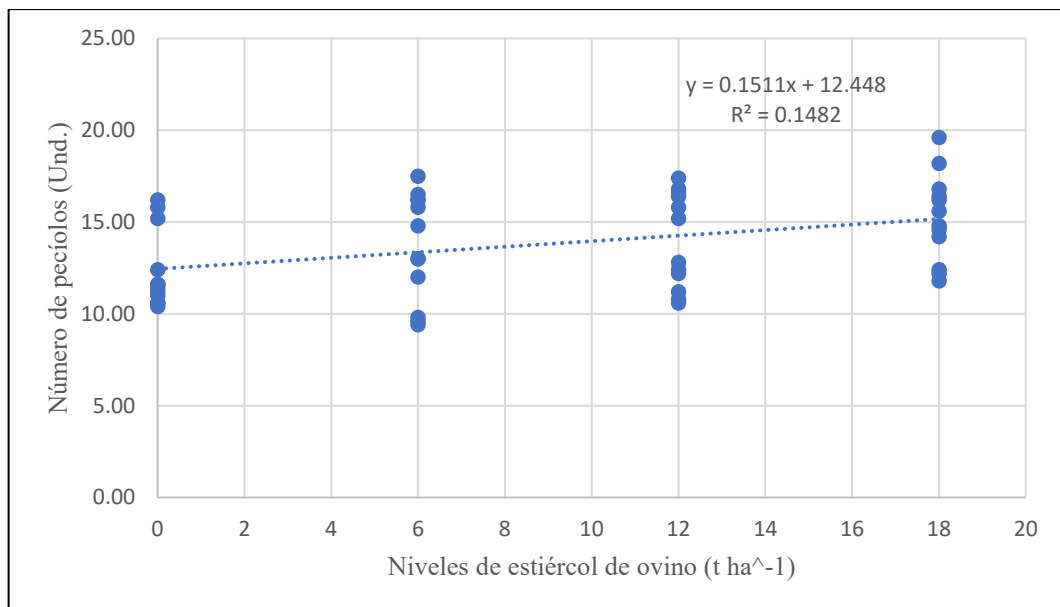
Estos resultados concuerdan con los reportes de Surec (2017), quien, al evaluar tres densidades de siembra, encontró mayor número de pecíolos de apio con la menor densidad de plantas (81,361 plantas ha⁻¹), en promedio 12 pecíolos por planta. Por otra parte, Bañico (2020) al realizar el uso de alta densidad encontró incrementos crecientes de número de pecíolos en apio.

En trabajos similares, Navarro et al. (2020) reportaron que variedades híbridas de apio responden positivamente a la fertilización orgánica, aunque, el suelo experimental tuvo materia orgánica de 3.5% (alto), lo que pudo haber influido en positivamente. En contraste, en Huatatas, los niveles 6, 12 y 18 t ha⁻¹ tuvieron efecto similar e inferior a los reportes de Navarro et al., donde el suelo solo tenía MO de 1.9%. Po otra parte, Prihatini et al. (2022) destacan que la eficiencia de manera orgánica depende de la capacidad del suelo para mineralizar y en suelos como franco arenoso a veces ocurre lixiviaciones, más aún cuando la MO no es suficiente. Estas limitaciones podrían haber influido en algunos tratamientos.

Las características principales del suelo experimental de Huatatas resultó ser un suelo arenoso con baja materia orgánica y pH alcalino; al respecto, autores como Gondal et al. (2021) enfatizan que suelos con $\text{pH} > 7.0$ reducen la disponibilidad de Fe y Zn, que son clave para el desarrollo de pecíolos. Esto podría explicar por qué el testigo en ambas variedades tuvo una respuesta muy inferior, ya que la ausencia de estiércol mostró limitaciones nutricionales. Por otra parte, Das et al. (2023) demostraron que agregar materias orgánicas en suelos de textura gruesas mejora la estabilidad, lo que sugiere que, en campañas posteriores, las dosis moderadas (12 t ha^{-1}) podrían ser suficientes para mantener la productividad, reduciendo costos para los agricultores.

Figura 3.9

Regresión de número de pecíolos de variedades de apio, por efecto de los niveles de estiércol de ovino en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm.



La Figura 3.7 muestra la regresión del número promedio de pecíolos por planta, donde los datos obtenidos se ajustan mejor al modelo lineal, $y = 0.1511x + 12.448$. Según esta ecuación, por cada unidad adicional de estiércol incorporado, el número de pecíolos incrementa en 0.1511 unidades; mientras que, sin la aplicación del estiércol, se obtiene un promedio de 12.448 pecíolos por planta (intercepto con eje “y”). Sin embargo, el coeficiente de determinación (R^2), indica que esta regresión solo explica el 14.82% de variabilidad, lo que sugiere una baja representatividad del modelo para predecir el comportamiento del número de pecíolos en función de los niveles de estiércol de ovino.

3.4. Rendimiento por hectárea

Tabla 3.4

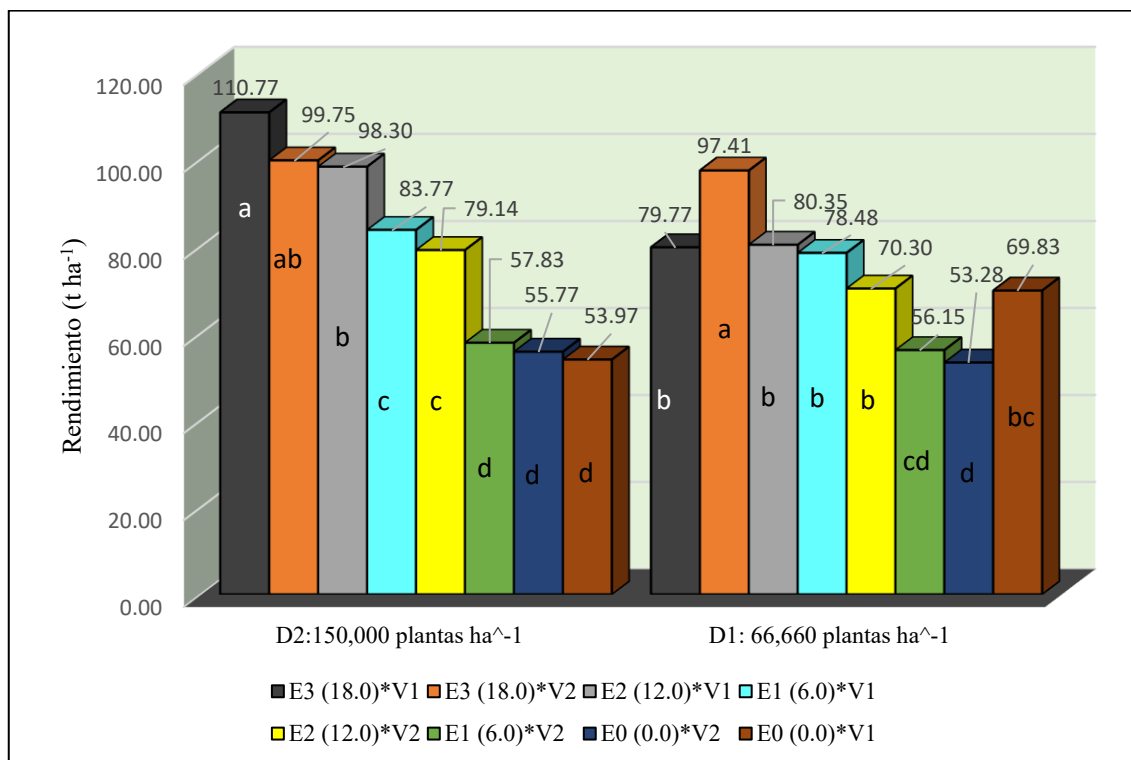
Análisis de varianza del rendimiento promedio de variedades de apio, por efecto de las densidades de plantas y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	66.09	33.045	1.689	0.2018 ns
Densidad (D)	1	541.40	541.400	27.668	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	10050.72	3350.240	171.213	<0.0001**
Variedad (V)	1	1374.45	1374.450	70.241	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	1001.03	333.677	17.052	<0.0001**
Interacción (D*V)	1	99.39	99.390	5.079	0.0317*
Interacción (E*V)	3	1208.56	402.853	20.588	<0.0001**
Interacción (D*E*V)	3	841.05	280.350	14.327	<0.0001**
Error	30	587.03	19.568		
Total	47	15769.72			
C. V (%):		5.78			

En la Tabla 3.4 se presenta el análisis de varianza del rendimiento promedio de apio. Los resultados indican que todas las fuentes de variación fueron altamente significativas, excepto las interacciones entre densidad de siembra y variedades. La significancia de las interacciones demuestra que los factores evaluados influyeron positivamente de manera conjunta en el rendimiento, es decir, su efecto depende del nivel del otro para mostrar diferencias significativas. La interacción significativa entre los factores permite realizar un análisis detallado de los efectos simples. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 5.78%, lo cual nos confiere precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura 3.10

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento promedio del apio, por efectos simples de la interacción de niveles de estiércol x variedades en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm



La Figura 3.10 muestra la comparación de medias de Tukey de los efectos simples de variedades y niveles de estiércol en cada densidad de plantas por hectárea. Al utilizar densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol.

Al emplear una densidad de plantas más baja (66,660 plantas ha⁻¹) y 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Mambo F1 (V2), se encontró un rendimiento de 97.41 t ha⁻¹, este resultado mantiene una ventaja de 44.13 t ha⁻¹, equivalente a un incremento de 45.30% en comparación con la variedad Green Giant F1 sin estiércol.

Respecto al efecto de estiércol, las mayores dosis por hectárea tuvieron mayor influencia en rendimiento de apio (Figura 3.10), evidenciando una clara diferencia. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Machaca (2007), quien obtuvo un mayor

rendimiento de 3.8 kg/m² con la aplicación de 3.8 kg/m² de estiércol de ovino, superando al testigo. De manera similar, Quispe (2020) reportó un rendimiento promedio de 96.87 t ha⁻¹ al aplicar 9 t ha⁻¹ de gallinaza, destacando que el incremento en la disponibilidad de materia orgánica potencia el efecto fisiológico en el cultivo de apio, promoviendo un mayor desarrollo y productividad.

Asimismo, estudios como el de Libutti y Rivelli (2021) respaldan que el uso de enmiendas orgánicas, como el estiércol de ovino, mejora significativamente la fertilidad del suelo, optimizando la disponibilidad de nutrientes y favoreciendo el crecimiento y rendimiento de hortalizas y otros cultivos. Estos resultados refuerzan la importancia del manejo adecuado de la materia orgánica y la densidad de siembra, ya que ambos factores contribuyen a mejorar la producción de apio.

En este estudio se encontró incrementos de 51.28% en el rendimiento de la variedad Green Giant, lo cual es superior a los reportes de Navarro et al. (2020), quienes, tras aplicar materia orgánica, encontraron incrementos de 30 – 40 % en el rendimiento en variedad híbrida Green Giant F1. Además, el suelo experimental tenía materia orgánica de 3.5% (alto). Podemos deducir que la materia orgánica tiene más eficiencia en suelos pobres como de Huatatas (MO=1.9%).

Las respuestas de ambas variedades difieren, donde Green Giant supera a Mambo F1; lo cual podría justificarse con lo que dice Wu et al. (2024), que las variedades tienen distintas capacidades de adaptación y características como la tolerancia al estrés en apio. Asimismo, Gondal et al. (2021) destacan que suelos cercanos a neutralidad son los mejores y favorables, estos se relacionan relativamente a suelos de Huatatas.

En cuanto al rendimiento, Green giant F1 se destacó con mayor rendimiento al utilizar densidad más alta, teniendo un incremento de 51.28%. Estos resultados se podrían atribuirse a la eficiencia de ciertas variedades de apio de aprovechar los recursos disponibles. Como afirma Navarro et al. (2020), tras evaluar variedades híbridas de apio, menciona que el cultivo de apio tiende a desarrollarse mejor a altas densidades. En contraste, Mambo F1 tuvo menor respuesta que la otra variedad, lo que podría deberse a que esta variedad no se adapta a altas densidades y competencias intraespecíficas. Al respecto, Surec (2017) afirma que los altos rendimientos óptimos se alcanzan a una densidad de

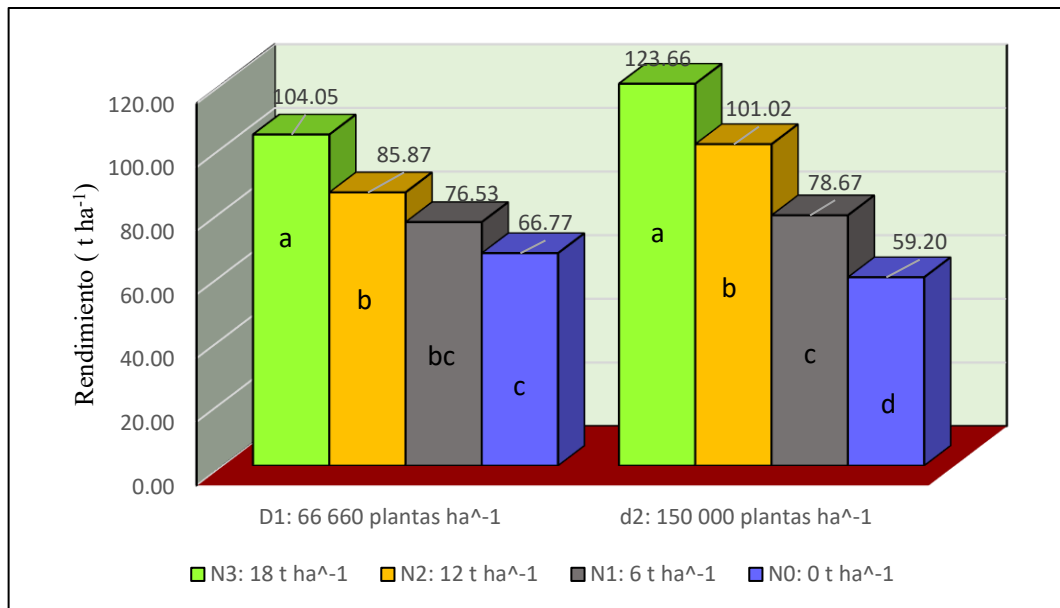
menores a 100,000 plantas por hectárea. Las diferencias en los rendimientos podrían explicarse por las diferencias en las condiciones edáficas y climáticas.

El estiércol de ovino aplicado no solo fue una fuente de materia orgánica, sino también de macro y micronutrientes esenciales. Su análisis mostró contenidos altos de Nitrógeno (2.16%), Potasio (2.04% K₂O) y Fósforo (1.10% P₂O₅), nutrientes críticos para el crecimiento vegetativo, el desarrollo de tallos (el principal producto en apio) y el sistema radicular. La alta densidad de plantas (150,000 plantas ha⁻¹) genera una enorme demanda competitiva por estos recursos. Estos se sustentan con las afirmaciones Dhaliwal et al. (2019); Dikinya y Mufwanzala (2010), para quienes, el estiércol, al liberar nutrientes de forma gradual, actúa como una reserva constante que satisface esta demanda a lo largo del ciclo del cultivo, maximizando el rendimiento por unidad de área.

El análisis de suelo mostró un PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) del 20.75%, lo que indica un nivel de sodio alto que puede causar estrés salino. El análisis del estiércol también mostró una CE elevada (5.24 dS/m), confirmando su salinidad. La variedad **Green Giant F1** demostró un mejor desempeño bajo estas condiciones, sugiriendo una mayor tolerancia al estrés salino comparada con la variedad Mambo F1. Y Según Wu et al. (2024) Esto resalta la importancia de seleccionar materiales genéticos adaptados a las condiciones específicas del suelo, incluso cuando se usa enmienda orgánica.

Figura 3.11

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento de apio, por los efectos simples de densidad y niveles de estiércol en cada variedad. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.11 se muestra la comparación de medias de Tukey para el rendimiento promedio de apio, considerando el efecto de niveles de estiércol y densidades de siembra. La aplicación de 18 t ha⁻¹ de guano de ovino en baja densidad de plantas (66,660 plantas ha⁻¹) generó un rendimiento de 104.05 t ha⁻¹, superando al testigo en 37.28 t ha⁻¹, lo que representa un incremento del 35.82%. La misma dosis de estiércol aplicada en alta densidad de plantas (150 000 plantas ha⁻¹), el rendimiento alcanzó 123.66 t ha⁻¹, superando al testigo con 64.46 t ha⁻¹, equivalente a un incremento del 52.13%. Estos resultados evidencian un incremento progresivo en los rendimientos conforme se incrementan los niveles de estiércol de ovino, lo que resalta su impacto positivo en el desarrollo y productividad del cultivo de apio.

Estos resultados (Figura 3.11) son comparables con los reportados por Surec (2017), quien, al evaluar tres densidades de siembra (113,905, 94,921 y 81,361 plantas ha⁻¹), encontró que el rendimiento óptimo a una densidad intermedia, señalando que un aumento excesivo en la densidad puede afectar negativamente el rendimiento debido a una mayor competencia entre plantas. En este sentido, Bañico (2020) sostiene que, si bien el incremento en la densidad de siembra puede elevar la productividad, el rendimiento tiende a disminuir progresivamente a medida que la competencia por recursos se intensifica, lo que sugiere la necesidad de un balance adecuado en la densidad de siembra

para optimizar la producción. Además, Tang et al. (2025) destacan que la optimización de la densidad de plantación no solo mejora la captación de luz, sino que también favorece la circulación del aire y la gestión eficiente de los recursos, lo que contribuye a una mayor producción y a una mejor eficiencia en el uso de agua y nutrientes.

El suelo experimental presentó un contenido de MO bajo (1.9%). El estiércol de ovino aplicado posee un contenido muy alto de MO (56.92%). Autores como Das, Liptzin y Maharjan (2023); Du et al. (2020) destacan que la aplicación de estiércol es fundamental para aumentar el carbono orgánico del suelo, mejorar su estructura, la retención de agua y la actividad microbiana. La incorporación de 18 t ha⁻¹ de este estiércol representa una enmienda orgánica masiva que corrige directamente esta deficiencia crítica, creando un ambiente edáfico más favorable para el desarrollo radical del apio, lo que se traduce en el significativo aumento del rendimiento observado.

Por otro lado, Wang et al. (2025) sostienen que la sustitución del 50% del nitrógeno químico por una combinación de estiércol y paja representa una estrategia de fertilización óptima para mejorar el rendimiento de las hortalizas. Este enfoque no solo reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos, sino que también mejora la estructura y microbiota del suelo, promoviendo sistemas agrícolas más sostenibles y eficientes. Estos hallazgos refuerzan la importancia del uso equilibrado de fertilización orgánica y química en la producción de apio, permitiendo obtener altos rendimientos sin comprometer la salud del suelo a largo plazo.

Al respecto de los mecanismos de acción de MO, Kumari et al. (2024) afirma que los abonos orgánicos una vez puesta al suelo liberan ácidos orgánicos y hidroxílicos, estos componentes forman quelatos con Fe, Al, Mg o Ca; de esta manera mejora la disponibilidad de fósforo. Por lo tanto, estos atributos del estiércol influyen en el rendimiento de los cultivos. De la misma forma, Du et al. (2020) afirma que los abonos orgánicos como el estiércol tiene la capacidad de retener agua y mejorar la estructura del suelo; finalmente, estos efectos se traducen en un aumento significativo del rendimiento de los cultivos.

Navarro et al. (2020) afirma tras realizar investigación en el cultivo de apio, los abonos orgánicos como el estiércol pueden reducir los nitratos en las plantas, reduciendo

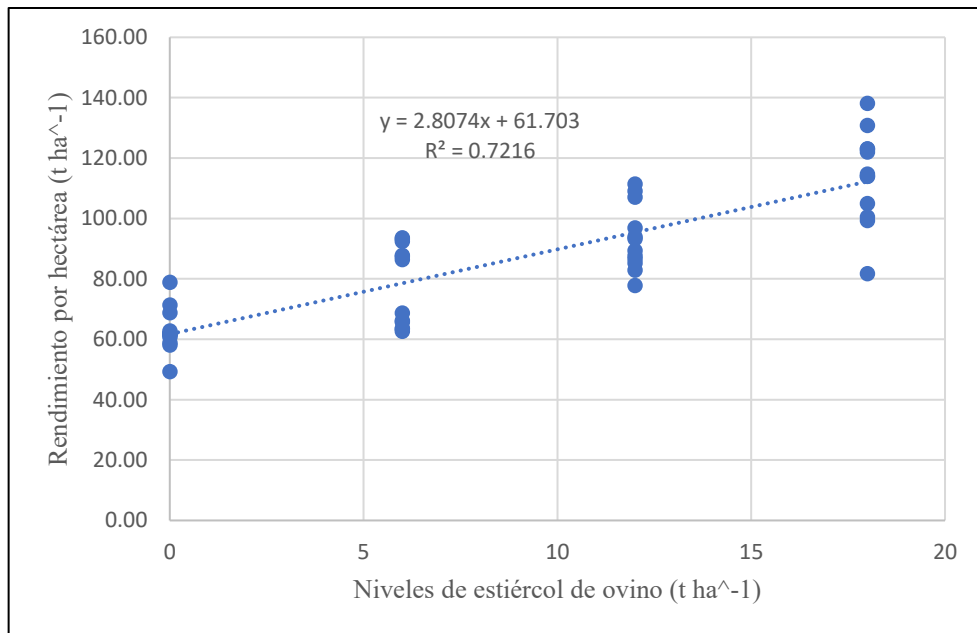
los riesgos para la salud y mejorando la calidad de los cultivos. Prihatini et al. (2022) afirman que los abonos orgánicos de los animales, como las deyecciones tienen una correlación lineal y positivo significativa en el rendimiento de los cultivos como el apio. La influencia positiva del estiércol es conocida, al respecto, Sharma et al. (2022) tras comprobar la influencia en el cultivo de kiwi, concluyeron para afirmar que no solo mejora los rendimientos, sino que también mejoran la calidad de los cultivos aumentando los sólidos solubles y, como consecuencia, sus características organolépticas.

En este trabajo de investigación se encontró pH ligeramente alcalino (7.4) referente al suelo experimental Huatatas. Como afirma Gondal et al. (2021), estas condiciones podrían haber influido en la disponibilidad de Fe y Zn, que son indispensables en desarrollo del apio. Trabajos como Dhaliwal et al. (2019) indican que valores de pH promedios a 7.0 son estables para la absorción de ciertos micronutrientes, lo que podría explicar por qué, a pesar de baja nivel de MO, el rendimiento general fue relativamente alta.

Un hallazgo crítico del análisis de suelo es el alto porcentaje de sodio intercambiable (PSI = 20.75%), muy por encima del límite considerado seguro (<15%). Esto indica un potencial problema de sodicidad, que puede afectar negativamente la estructura del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. El estiércol de ovino, si bien contiene algo de sodio (Na = 0.10%), su alto contenido de calcio (CaO = 1.95%) es clave. Como señala Gondal et al. (2021), el calcio puede desplazar al sodio en los sitios de intercambio del suelo, mitigando sus efectos negativos. La mejora en la estructura del suelo por la adición de materia orgánica también contrarresta la degradación causada por el sodio. Por lo tanto, es probable que la aplicación del estiércol no solo nutrió el cultivo, sino que también mejoró las condiciones físicas del suelo afectadas por la sodicidad, permitiendo un mejor desarrollo radical y una mayor eficiencia en el uso de los recursos, lo cual fue un factor coadyuvante en los altos rendimientos alcanzados.

Figura 3.12

Regresión del rendimiento por hectárea de las variedades de apio, por efectos de los niveles de estiércol de ovino en promedio de densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm

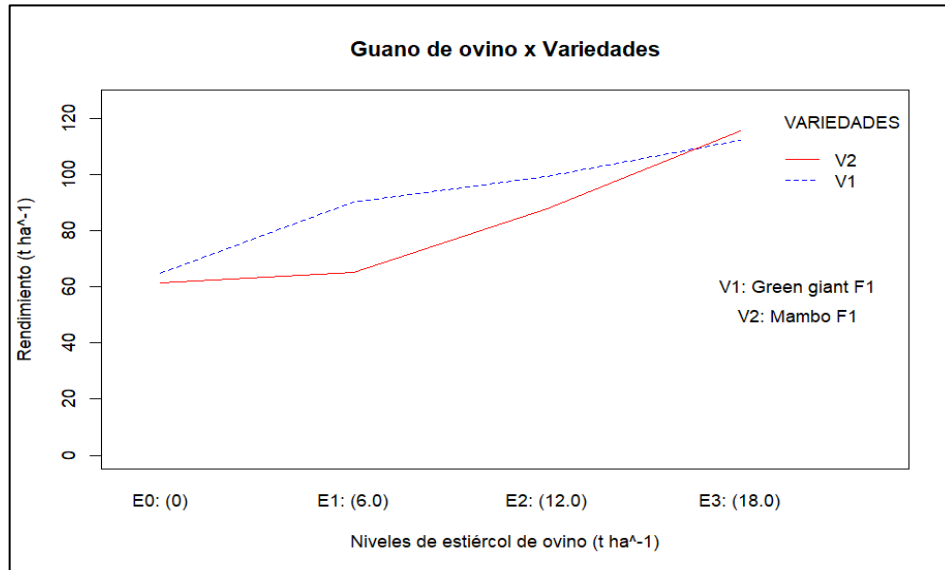


En la figura 3.12 se muestra la curva de regresión del rendimiento de apio, la cual se ajusta a un modelo de regresión lineal, cuya ecuación es: $y = 2.8074x + 61.703$. Los resultados indican que, a medida que se incrementan los niveles de estiércol de ovino, el rendimiento del apio aumenta de manera constante para los niveles aplicados en este estudio. Por cada unidad adicional de estiércol incorporado, el rendimiento se incrementa en 2.8074 t ha^{-1} ; mientras, en el testigo o sin la aplicación de estiércol de ovino, el rendimiento alcanzado es de 61.703 t ha^{-1} (intercepto con eje “y”). Estos hallazgos resaltan la influencia positiva del estiércol de ovino en la producción de apio, demostrando que su aplicación contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo de manera significativa.

3.5. Interacción de los factores en rendimiento

Figura 3.13

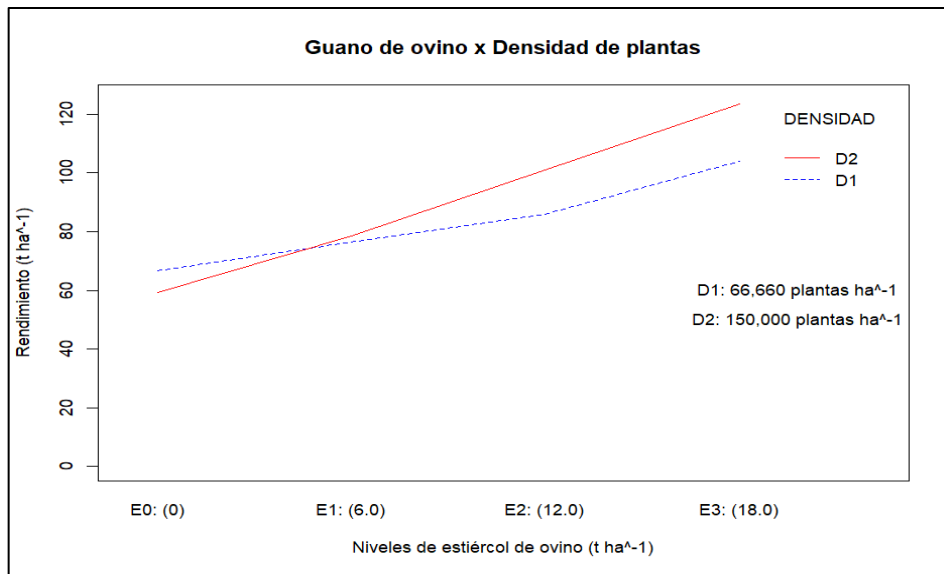
Interacción de factores de estudio de variedades y niveles de estiércol de ovino en promedio densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.13 se muestra una interacción positiva entre factores (variedades y niveles de guano), donde el efecto combinado de las variedades de apio y los niveles de estiércol de ovino supera la suma de los efectos individuales de cada factor por separado. Esto indica que la combinación de ambos factores incrementa el rendimiento del cultivo, evidenciando que su interacción genera mayor impacto más significativo que el análisis aislado de cada variable. Estos resultados destacan la importancia de la elección de la variedad de apio como la cantidad adecuada de fertilización orgánica para maximizar la producción.

Figura 3.14

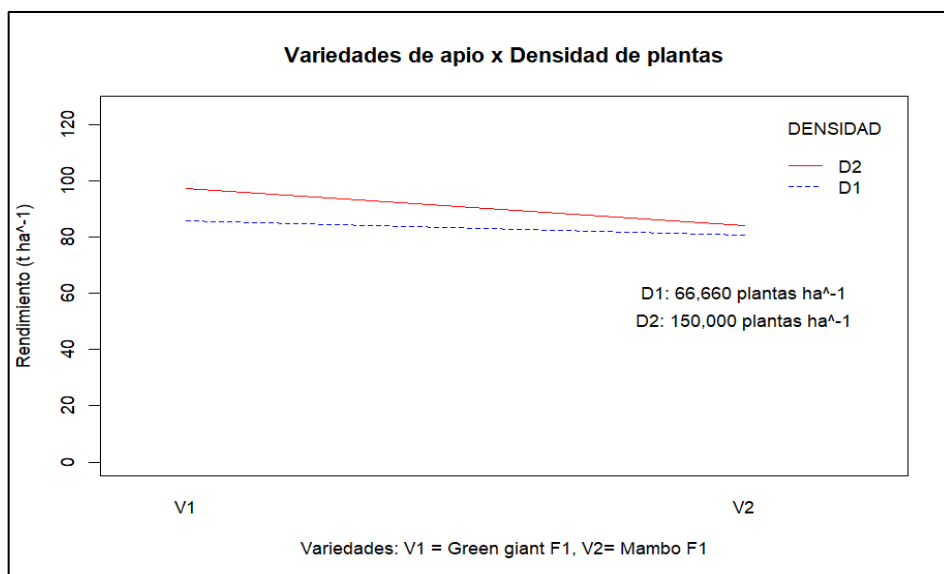
Interacción de factores de estudio de niveles de estiércol de ovino y densidad de plantas en cada variedad. Tambillo, 2685 msnm.



La Figura 3.14 muestra una interacción positiva entre la densidad de plantas y los niveles de estiércol de ovino, lo que significa que su combinación genera un rendimiento superior en comparación con la suma de sus efectos individuales. Es decir, el impacto del nivel de estiércol aplicado en el rendimiento del apio depende de la densidad de plantas utilizada, y viceversa. Esto sugiere que ambos factores se refuerzan mutuamente, potenciando el crecimiento y la productividad del cultivo.

Figura 3.15

Interacción de factores de estudio de variedades de apio y densidad de plantas en promedio de las dosis de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm.

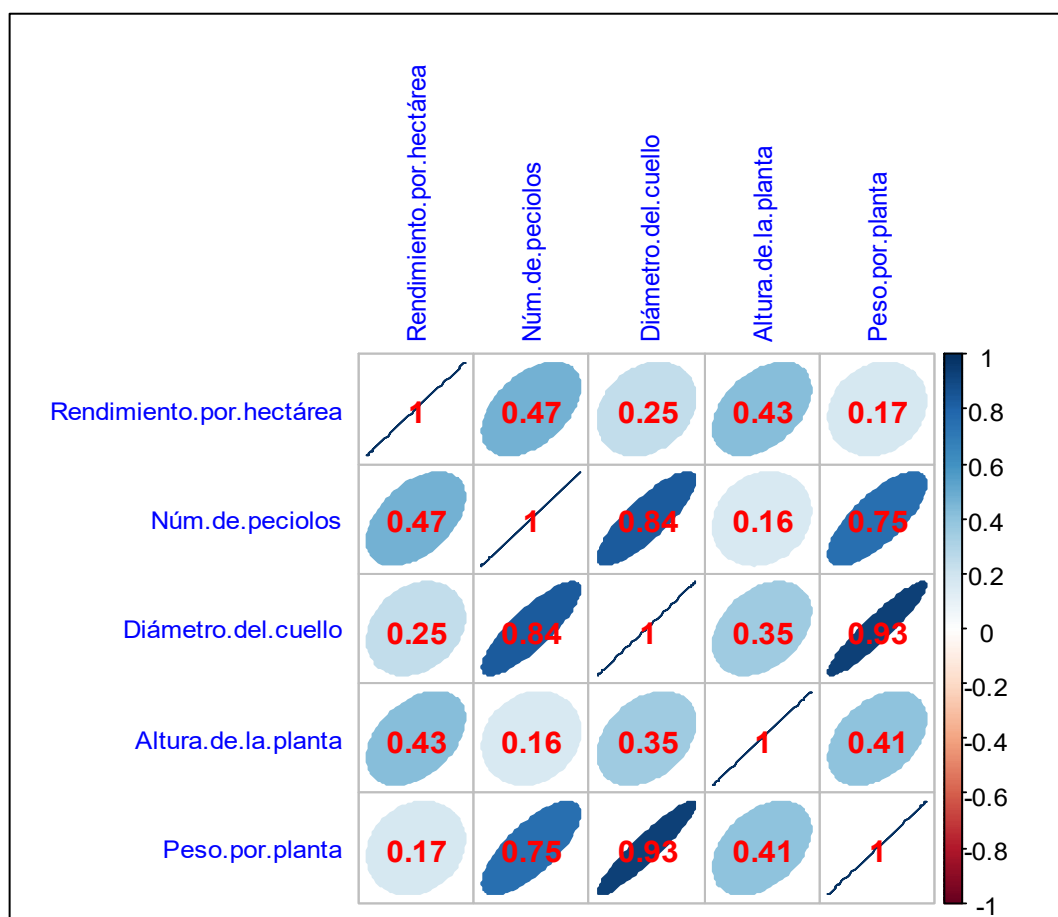


En la Figura 3.15 se muestra la interacción entre las variedades de apio y la densidad de plantas de apio, donde se demuestra una relación directamente promocional; es decir, cuando uno de ellos se incrementa, el otro también incrementa y, viceversa. En otras palabras, aunque ambos elementos influyen en la producción, su interacción no muestra una sinergia clara que potencie el rendimiento de manera consistente.

3.6. Correlación de las variables

Tabla 3.5

Coefficientes de correlación Pearson (r) de las variables evaluadas en variedades de apio, por efecto de las dosis de estiércol de ovino, densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm



En la Tabla 3.5 se presenta los coeficientes de correlación de las variables evaluadas, donde se aprecia una relación alta y significativa entre peso por planta con número de peciolo y diámetro de cuello, $r = 0.76$ y $r = 0.93$, respectivamente. Asimismo, se evidencia una alta correlación entre número de peciolo y diámetro del cuello, $r = 0.84$. Los coeficientes positivos indican que estas variables están relacionadas directamente

proporcional, es decir, mutuamente se influncian; mientras los coeficientes negativos indican una relación inversa. Los coeficientes que se aproximan a la unidad tienen alto grado de asociación lineal, lo que permite predecir el comportamiento de una variable en función de otra con mayor precisión.

3.7. Análisis económico

Tabla 3.6

Rentabilidad económica del apio, en dos variedades, dos densidades de plantas y cuatro niveles de abonamiento. Tambillo, 2685 msnm.

Trt	Rdt. (docenas ha ⁻¹)	Costo prod. (S/.)	Docenas por categoría			PU (S/. kg) por categorías			Valor bruto de prod. (S/x ha) por categoría			Valor bruto total (S/ x ha)	Valor neto (S/)	Rentab (%)	Beneficio costo (B/C)
			Primera	Segunda	Tercera	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra	Total	Total		
T1	4,444	16,673.42	-	1,111	3,333	20.00	12.00	6.00	0.00	13332.00	19998.00	33330.00	16,656.58	99.90	2.0
T2	4,722	18,545.92	708	2,361	1,653	20.00	12.00	6.00	14165.25	28330.50	9915.68	52411.43	33,865.51	182.60	2.8
T3	4,722	20,204.42	2,361	1,653	708	20.00	12.00	6.00	47217.50	19831.35	4249.58	71298.43	51,094.01	252.89	3.5
T4	4,722	21,862.92	3,541	944	236	20.00	12.00	6.00	70826.25	11332.20	1416.53	83574.98	61,712.06	282.27	3.8
T5	10,000	23,354.50	-	500	9,500	20.00	12.00	6.00	0.00	6000.00	57000.00	63000.00	39,645.50	169.76	2.7
T6	10,000	25,227.00	-	3,000	7,000	20.00	12.00	6.00	0.00	36000.00	42000.00	78000.00	52,773.00	209.19	3.1
T7	10,625	26,885.50	1,063	4,250	5,313	20.00	12.00	6.00	21250.00	51000.00	31875.00	104125.00	77,239.50	287.29	3.9
T8	10,625	28,544.00	2,125	4,250	4,250	20.00	12.00	6.00	42500.00	51000.00	25500.00	119000.00	90,456.00	316.90	4.2
T9	5,111	16,673.42	-	1,533	3,577	20.00	12.00	6.00	0.00	18398.16	21464.52	39862.68	23,189.26	139.08	2.4
T10	5,277	18,545.92	1,055	2,639	1,583	20.00	12.00	6.00	21109.00	31663.50	9499.05	62271.55	43,725.63	235.77	3.4
T11	5,277	20,204.42	3,430	1,583	264	20.00	12.00	6.00	68604.25	18998.10	1583.18	89185.53	68,981.11	341.42	4.4
T12	5,277	21,862.92	4,750	528	-	20.00	12.00	6.00	94990.50	6332.70	0.00	101323.20	79,460.28	363.45	4.6
T13	11,250	23,354.50	-	1,125	10,125	20.00	12.00	6.00	0.00	13500.00	60750.00	74250.00	50,895.50	217.93	3.2
T14	11,250	25,227.00	-	3,938	7,313	20.00	12.00	6.00	0.00	47250.00	43875.00	91125.00	65,898.00	261.22	3.6
T15	11,500	26,885.50	1,150	5,175	5,175	20.00	12.00	6.00	23000.00	62100.00	31050.00	116150.00	89,264.50	332.02	4.3
T16	11,500	28,544.00	1,725	5,750	4,025	20.00	12.00	6.00	34500.00	69000.00	24150.00	127650.00	99,106.00	347.20	4.5

En la Tabla 3.6, se muestra la rentabilidad económica de dos variedades de apio bajo el efecto de los distintos tratamientos. Estos valores se calcularon teniendo en cuenta los costos de producción de cada tratamiento; así como los precios por docena (Paquete) según la clasificación del producto: primera, 20 soles; segunda, 12 soles y tercera, 6 soles.

El costo de producción se determinó para cada tratamiento, encontrándose el valor más alto (S/. 28,885.50) para el tratamiento T8 y T16, mientras que el más bajo correspondió a los tratamientos T1 y T9 (S/. 16,673.42). El valor bruto de producción se estimó multiplicando el precio por docenas de apios en chacra por el rendimiento total en docenas clasificadas. El valor neto de producción se obtuvo haciendo una diferencia entre el valor bruto de producción y el costo de producción.

Se utilizaron los indicadores económicos de porcentaje de rentabilidad y el balance beneficio-costo (B/C). Según los resultados, el tratamiento T12 (Mambo + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) presentó la mayor rentabilidad, con un 363.45%, seguido por el T16 (Mambo + 150000 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) con un 347.20%. Esto significa que, por cada sol invertido en la producción, se obtuvo una ganancia del 363.45% y 347.20%, respectivamente. Así mismo, estos tratamientos mostraron valores de B/C = 4.6 >1 (T12) y B/C = 4.5 >1 (T16), lo que indica que por cada sol invertido se tuvo un retorno de 3.6 y 3.5 soles, respectivamente. En contraste, el tratamiento T1 presentó el menor valor con B/C = 2, pero aun así reflejó una alta rentabilidad, aumentando en función al nivel de estiércol aplicado. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Quispe (2020), quien también encontró una mayor rentabilidad en apio con el incremento en la aplicación de estiércol. De manera similar, Martínez-Espinoza y Echeverry-Galván (2021) encontraron que los abonos orgánicos influyen positivamente en la rentabilidad económica del cultivo de apio, ya que proporcionan una gran cantidad de nutrientes y mejoran las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. Quispe-Estela (2019), afirma que los abonos orgánicos compostados y similares ofrecen innumerables beneficios para las hortalizas, ya que influyen positivamente en el desarrollo y rentabilidad económico de los cultivos. Por ello, recomienda su aplicación con la finalidad de fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Por otra parte, Cachay-Gonzales (2018), tras evaluar el procesamiento de residuos orgánicos y su aprovechamiento en cultivos y otros fines, recomienda su aprovechando racional y optimizando, ya que un manejo inadecuado podría afectar negativamente a las plantas.

Asimismo, enfatiza la importancia de una adecuada gestión en el proceso de compostaje o descomposición para garantizar un rendimiento óptimo.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas influye de manera significativa en las características productivas del apio. La densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) ocasionó una respuesta desfavorable en ambas variedades, mientras que la menor densidad (66,660 plantas ha⁻¹) favoreció la calidad, la uniformidad y el peso individual de las plantas.
2. La aplicación de estiércol de ovino tuvo un efecto positivo en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.). Al utilizar densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol. Mientras, la otra variedad (Mambo F1) solo alcanzó 97.41 t ha⁻¹.
3. Los indicadores de la rentabilidad económica muestran que todos los tratamientos evaluados son rentables. El tratamiento con menor rentabilidad fue el T1, con una relación beneficio/costo (B/C) de 2 y una rentabilidad del 99.9%. En contraste, el T12 (Mambo F1 + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) resultó ser el más rentable, con una rentabilidad del 363.45% y una relación B/C = 4.6 >1; lo que significa que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de 3.6 soles. Esto indica una rentabilidad directamente proporcional al nivel de estiércol aplicado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda sembrar ambas variedades con una densidad de 66,660 plantas ha⁻¹, ya que los resultados de la investigación evidencian una influencia positiva en el rendimiento, la uniformidad y la calidad del cultivo. Además, se observó un mayor desarrollo individual de las plantas cuando se dispuso de un mayor espacio, bajo las condiciones de Santiago de Huatatas.
- Al comparar cuatro niveles de abonamiento con estiércol, se recomienda utilizar el nivel 3 (18 t ha⁻¹) en ambas variedades, ya que este nivel mostró los mejores resultados en condiciones similares a las del valle de Santiago de Huatatas.
- Según el análisis de rentabilidad económica, se recomienda el cultivo de la variedad Mambo F1, ya que presentó una mayor rentabilidad en comparación con la otra variedad. Además, mostró una mejor uniformidad y una mayor resistencia a enfermedades.
- Se sugiere replicar este estudio para validar y contrastar los resultados obtenidos, lo que permitirá fortalecer las conclusiones y mejorar las estrategias de manejo del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antichi, D., Sbrana, M., Martelloni, L., Chehade, L. A., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Mazzoncini, M., Peruzzi, A., & Frascioni, C. (2019). Agronomic performances of organic field vegetables managed with conservation agriculture techniques: A study from central Italy. *Agronomy*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy9120810>
- AgroBesser Perú (01 de enero, 2025). Apio Green Giant 10gr, Semillas de Apio Hibrido F1, Takii, Lo Buscas, Lo Encuentras Aquí. <https://agrobesser.com/semillas/apio-green-giant-10gr-semillas-de-apio-hibrido-f1-takii-4842.html>
- AGROBESER. (s.f.). *Cultivo de Brócoli (Brassica oleracea var. italica)*. https://www.agrobesser.com/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/ficha_tecnica_brocoli.pdf
- AGROBESER. (s.f.). Guano de las islas. Ministerios de Agricultura y riego. <https://www.agrobesser.com/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/DIPTICO.pdf>
- AGROBESER. (2009). Importancia de guano de las islas. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina_apoyo_enlace/importancia-guano-islas.pdf
- Alfaro, C. N. (2023). *Producción de cebollín (allium schoenoprasum L) bajo diferentes niveles de estiércol de ovino y distancias de plantación en el Centro Experimental Cota Cota* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/33010>
- Calle, P. G. (2023). Evaluación de la producción de dos variedades de Apio (*Apium graveolens* L.) bajo diferentes tiempos de corte en el sistema NFT en el Centro Experimental de Cota Cota – La Paz [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. In *Universidad Mayor de San Andrés*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32084/T3139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cachay-Gonzales, C. K. (2018). *Proyecto de instalación de una planta industrial productora de compost en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1949>

- Chen, Y., Ouyang, Y., Pan, W., Wang, Y., & Li, Y. (2024). Effects of Organic Manure on Wheat Yield and Accumulation of Heavy Metals in a Soil—Wheat System. *Agronomy*, 14(9), 2143–2143. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092143>
- Casas, R. K. (2018). *Efecto de abonos foliares orgánicos en el rendimiento de cultivares de apio (Apium graveolens l.) en condiciones de invernadero – Puno* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. file:///D:/500 2/trabajo de apio/Casas_Romero_Karla_Yasmina para apio.pdf
- Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 1(3), 46–54. <http://www.academicjournals.org/JSSEM>
- Dhaliwal, SS, Naresh, RK, Mandal, A., Walia, MK, Gupta, RK, Singh, R. y Dhaliwal, MK (2019). Effect of manures and fertilizers on soil physical properties, build-up of macro and micronutrients and uptake in soil under different cropping systems: a review. (2019). *Journal of Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1080//01904167.2019.1659337>
- Das, S., Liptzin, D., & Maharjan, B. (2023). Long-term manure application improves soil health and stabilizes carbon in continuous maize production system. *Geoderma*, 430, 116338. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116338>
- Del Pino, M. (2014). El cultivo de Apio. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66573>
- Del Pino, M. (2022). *Guía Didáctica: Cultivo y producción de apio y lechuga*. 1–22. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/folder/view.php?id=71643>
- Du, Y., Cui, B., zhang, Q., Wang, Z., Sun, J., & Niu, W. (2020). Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *CATENA*, 193, 104617–104617. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104617>
- Estrada, M. P. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1). <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
- Fitoagricola (01 de enero, 2025). Apio Mambo F1 Pildorado Pregerminado (10.000 Semillas). (2023). Fitoagricola.es. <https://goo.su/wTmd3>
- Fertilab. (s.f.). Disponibilidad de Nitrógeno y Fosforo del Estiércol. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/E1%20nitrogeno%20y%20fosforo%20e n%20los%20estiercoles.pdf>
- Gaspar, R. A. (2021). “Rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) cv. Imperial empleando cuatro densidades de siembra en el Valle Chillón” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://goo.su/ty44eVP>

- Gamarra, L. d. (1962). Estudio integral de guano
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/2564/1/CAG38%2812%29-1.pdf>
- Gondal, AH, Hussain, I., Ijaz, AB, Zafar, A., Ch, BI, Zafar, H., ... y Usama, M. (2021). Influence of Soil Ph and Microbes on Mineral Solubility and Plant Nutrition: A Review. *Revista Internacional de Agricultura y Ciencias Biológicas*, 5 (1), 71-81.
https://www.academia.edu/download/103682279/Volume_205_20Issue_201_20Paper_208.pdf
- Iglesias Martínez, L. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. *Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion*, 1.
- Infoagro. (2024). El cultivo de la apio. In *Oleaginosos: 38-41* (Vol. 3).
<https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- Jaramillo, N. J., Agruilar, A. P., Arguello, O., Valencia, C. C., Saldarriaga, C. A., Forero, A. C., Martínez, R. A., & Franco, G. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de brócoli en el departamento de Antioquia Brassica olerácea L. var. Itálica*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica.
<https://goo.su/bw8ngM>
- Kumari, M., Prakash, D., Sheoran, S., Yadav, P. K., Ankit, Yadav, H. K., Apurva, Gupta, R. K., El-Hendawy, S., & Mattar, M. A. (2024). Long-Term Manuring and Fertilization Influence on Soil Properties and Wheat Productivity in Semi-Arid Regions. *Agronomy*, 14(10), 2383. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102383>
- Kan, Z.-R., Xu, Y., Virk, A. L., Liu, M., Pei, X., Li, Y., Yang, H., & Chen, C. (2024). Organic fertilizer substitution benefits microbial richness and wheat yield under warming. *The Science of the Total Environment*, 945, 174007–174007.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174007>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). Datos agrícolas 2021.
<https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-diarios?download=1639:agricola-2021>
- Machaca, F. (2007). Efecto de niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graviolens* L.), bajo ambiente protegido en el municipio de El Alto. [Tesis de grado, *Universidad mayor de San Andres*].
<https://goo.su/DXNeXEv>
- Martínez Espinosa, K. L., & Echeverry Galván, N. Y. (2021). *Estudio De Factibilidad De Mercados, Técnico, Administrativo Y Contable-Financiero Para La Creación*

De Una Empresa Productora De Abono Orgánico En La Provincia Sabana Occidente (Doctoral dissertation).

- Morales, C. C. (2022). “Biofortificación del cultivo de apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de yodo agrícola” [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36984/1/Tesis-338 Ingeniería Agronómica - Morales Garcés Christian Eliseo.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36984/1/Tesis-338%20Ingenieria%20Agronomica%20-%20Morales%20Garcés%20Christian%20Eliseo.pdf)
- Monroy, R. J. J. (2024). *Introducción de un nuevo híbrido de apio (Apium graveolens) al mercado peruano, para una producción agrícola sostenible en el valle de Huaura – Lima* [Trabajo de suficiencia profesional para grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/item/f3687349-7fa1-4289-ac73-2385713f51f0>
- Navarro, A. S., Antonio, J., Carmen, del, Blanco, A., & Delgado, J. (2020). Medium-Term Influence of Organic Fertilization on the Quality and Yield of a Celery Crop. *Agronomy*, 10(9), 1418–1418. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091418>
- Núñez-Ramírez, F. et al. (2022). Mejoradores de suelo en su calidad química, estado fenológico nutricional y rendimiento del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.). In *Mejoradores de suelo en su calidad química, estado fenológico nutricional y rendimiento del cultivo de apio (Apium graveolens L.)*. <https://doi.org/10.3926/oms.410>
- Libutti, A., & Rivelli, A. R. (2021). Quanti-qualitative response of swiss chard (*Beta vulgaris* l. var. *cycla*) to soil amendment with biochar-compost mixtures. *Agronomy*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020307>
- Lin, Z., Deng, J., Gao, K., & Zhang, Z. (2025). Oat Nutrition, Traits, and Yield as Affected by the Interaction of Nitrogen Rates and Plant Density in Sandy Soil. *Agronomy*, 15(1), 150–150. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010150>
- Ortiz, H. (2019). Abonamiento orgánico y químico en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.) en la comunidad campesina de Los Ángeles, HuancaramaAndahuaylas-Apurímac. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4186>
- Prihatini, A., SusyLOWATI, & Peranisa, D. (2022). Effect of Concentration of Liquid Organic Fertilizer of Cow Urine on the Growth and Yield of Celery (*Apium graveolens* L.). Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7135156>
- Quispe, G. L. (2020). *Niveles de gallinaza en el rendimiento de dos variedades de apio (Apium graveolens L.) en Canaán 2750 msnm. Ayacucho* [Tesis de grado,

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4922>

- Quispe Estela, J. J. (2019). Propuesta de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz-Cajamarca; para el cultivo de granadilla orgánica. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1927>
- Rodríguez-Pallares, X., & Rojas-González, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 20(3), 97–107. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2022.020.03.97>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (s.f.). Utilización de estiércoles. Subsecretaría de Desarrollo Rural. https://drive.google.com/file/d/1J3bOFBBLPS_eA0IrwFxFMcFnD_-fOOydd/view
- Sevinç Başay, Dorak, S., & Barış Bülent Aşık. (2025). The Effects of Organic Fertilizer Applications on the Nutrient Elements Content of Eggplant Seeds. *Agronomy*, 15(2), 439–439. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020439>
- Sharma, S., Rana, V. S., Rana, N., Sharma, U., Gudeta, K., Alharbi, K., Ameen, F., & Bhat, S. A. (2022). Effect of Organic Manures on Growth, Yield, Leaf Nutrient Uptake and Soil Properties of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) cv. Allison. *Plants*, 11(23), 3354. <https://doi.org/10.3390/plants11233354>
- Sanchez, M. J. (2017). Efecto de aplicación del biofertilizante humega en tres diferentes dosis en la producción del apio *Apium graveolens* L. var. bonanza), en condiciones del valle de Santa Catalina [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. *Jurnal Akuntansi* (Vol. 11). <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3065>
- Santos, A. G. E. (2019). Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2057/1/T026_71245419_T.pdf
- Surec, R. S. H. (2017). Evaluación de tres densidades de siembra en la producción de apio, (*Apium graveolens* l.), en la aldea Chirijuyú, Tecpán, Chimaltenango, Guatemala, C.A. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/6894>

- Shengchang Huai, Wang, S., Yu, W., Zhang, Q., Wu, H., Xing, T., Jin, Y., Gilles Colinet, & Lu, C. (2024). Short-Term Effects of Incorporation Depth of Straw Combined with Manure During the Fallow Season on Maize Production, Water Efficiency, and Nutrient Utilization in Rainfed Regions. *Agronomy*, 14(11), 2504–2504. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112504>
- Tesén, V. G. (2021). *Rendimiento y calidad de dos cultivares de brócoli (Brassica oleracea var. italica Plenck.) bajo tres densidades de siembra* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5134/tesen-gallardo-victor-hugo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Tang, L., Song, J., Cui, Y., Fan, H., & Wang, J. (2025). Research Progress on a Wide and Narrow Row Cropping System for Crops. *Agronomy*, 15(1), 248–248. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010248>
- Wu, L., Du, J., Zhang, Y., Xue, Y., Jiang, C., Lu, W., Zheng, Y., Zhou, C., Xiong, A., & Li, M. (2024). Identification and Evaluation of Celery Germplasm Resources for Salt Tolerance. *Agronomy*, 14(5), 1048–1048. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051048>
- Wang, Y., Wang, L., Li, R., Wang, H., Wu, G., Wen, X., Huang, S., Wang, X., & Liu, C. (2025). Long-Term Organic Substitution Regimes Affect Open-Field Vegetable Yields and Soil Organic Carbon Stability by Regulating Soil Labile Organic Carbon Fractions' Changes. *Agronomy*, 15(2), 396. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020396>
- Zhu, S., Zhong, X., Zhang, X., Xiong, A., Luo, Q., Wang, K., Li, M., & Tan, G. (2024). Effects of Dark Treatment on Lignin and Cellulose Synthesis in Celery. *Agronomy*, 14(5), 896–896. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050896>
- Zheng, Z., Zhou, W., Yang, Q., Jiang, J., & Miao, M. (2023). Effect of Furrow Straw Mulching and Straw Decomposer Application on Celery (*Apium graveolens* L.) Production and Soil Improvement. *Agronomy*, 13(11), 2774–2774. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112774>

ANEXOS

Anexo 1.*Promedios de los variables evaluados*

N° Inter.	TRT	BLOQUES	DENSIDAD	GO	VARIEDADES	Rendimiento (kg ha-1)	Núm de peciolas (Und)	Diámetro del cuello (mm)	Altura de la planta (cm)	Peso por planta (g)
1	1	I	D1	N0	V1	75.472	16.2	74.20	79.80	1480
2	1	II	D1	N0	V1	65.783	15.8	82.00	79.20	1290
3	1	III	D1	N0	V1	68.231	15.2	79.00	76.80	1338
4	9	I	D1	N0	V2	54.535	11.6	63.60	81.60	1010
5	9	II	D1	N0	V2	53.455	11.4	68.80	79.40	990
6	9	III	D1	N0	V2	51.835	11.6	67.20	81.92	960
7	2	I	D1	N1	V1	78.634	16.5	97.00	77.70	1542
8	2	II	D1	N1	V1	77.767	16.2	83.72	81.50	1525
9	2	III	D1	N1	V1	79.042	17.5	86.50	82.00	1550
10	10	I	D1	N1	V2	58.584	13.0	75.34	80.75	1085
11	10	II	D1	N1	V2	56.424	12.0	67.62	82.25	1045
12	10	III	D1	N1	V2	53.455	13.0	68.50	81.00	990
13	3	I	D1	N2	V1	76.696	17.4	93.62	91.36	1504
14	3	II	D1	N2	V1	83.938	16.6	92.41	94.30	1646
15	3	III	D1	N2	V1	80.419	16.8	88.00	88.90	1577
16	11	I	D1	N2	V2	66.359	12.8	79.66	87.90	1229
17	11	II	D1	N2	V2	70.733	12.4	77.15	87.70	1310
18	11	III	D1	N2	V2	73.811	12.2	75.70	91.00	1367
19	4	I	D1	N3	V1	84.397	19.6	92.31	89.40	1655
20	4	II	D1	N3	V1	85.416	18.2	94.42	95.60	1675
21	4	III	D1	N3	V1	69.506	16.8	94.32	92.20	1363
22	12	I	D1	N3	V2	97.784	16.4	90.31	87.20	1811
23	12	II	D1	N3	V2	104.912	16.2	87.57	90.40	1943
24	12	III	D1	N3	V2	89.523	14.6	91.03	90.76	1658
25	5	I	D2	N0	V1	59.211	11.2	47.89	75.14	516
26	5	II	D2	N0	V1	55.539	12.4	44.30	75.56	484
27	5	III	D2	N0	V1	47.162	11.0	41.44	76.46	411
28	13	I	D2	N0	V2	55.283	10.6	46.55	76.36	455
29	13	II	D2	N0	V2	56.498	10.6	47.25	77.26	465
30	13	III	D2	N0	V2	55.526	10.4	46.88	81.40	457
31	6	I	D2	N1	V1	84.227	14.8	68.61	73.38	734
32	6	II	D2	N1	V1	83.194	15.8	67.85	73.68	725
33	6	III	D2	N1	V1	83.882	16.2	67.85	71.72	731
34	14	I	D2	N1	V2	57.227	9.6	51.32	82.00	471
35	14	II	D2	N1	V2	57.105	9.8	53.08	82.30	470
36	14	III	D2	N1	V2	59.171	9.4	50.72	80.96	487
37	7	I	D2	N2	V1	96.390	15.8	63.57	80.52	840
38	7	II	D2	N2	V1	98.226	15.2	72.28	84.76	856
39	7	III	D2	N2	V1	100.292	16.4	71.75	83.96	874
40	15	I	D2	N2	V2	74.723	10.8	51.67	89.92	615
41	15	II	D2	N2	V2	82.620	10.6	53.42	90.38	680
42	15	III	D2	N2	V2	80.069	11.2	51.73	89.46	659
43	8	I	D2	N3	V1	111.193	14.8	68.11	86.30	969
44	8	II	D2	N3	V1	117.389	15.6	80.37	91.12	1023
45	8	III	D2	N3	V1	103.734	14.2	69.93	91.18	904
46	16	I	D2	N3	V2	97.200	11.8	57.62	95.54	800
47	16	II	D2	N3	V2	97.200	12.4	57.47	94.92	800
48	16	III	D2	N3	V2	104.855	12.2	60.01	94.98	863

Anexo 2.

Resultados de análisis de estiércol de ovino



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS. - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250100

Solicitante: Sr. Rubén Aurelio Cahuana Loyola

Proyecto: Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Tambillo 2685 msnm-Ayacucho

Muestra: Estiércol de ovino

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Chiara

Fecha: 05- 01 - 24

Nº Lab	Muestra	pH (1:5)	C.E. dS/m	N.org (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
AAF 778	Estiércol de ovino	8.90	5.24	2.16	1.01	2.04

Nº Lab	Muestra	CaO (%)	MgO (%)	Na (%)	M.O. (%)	SO ₄ (%)
AAF 778	Estiércol de ovino	1.95	1.06	0.10	56.92	0.25

Nº Lab	Muestra	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
AAF 778	Estiércol de ovino	12 640.00	60.00	180.00	1520.00

05-01-2024
Ph.D. Marheleni Cerda Gómez
Responsable de Laboratorio



Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / 966938028 - 966631889

982781298 agrolab107@gmail.com

Anexo 3.

Costos de producción por tratamientos

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	66,660	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T1 y T9	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				14,606.00
				14,606.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				600.00
Incorporación de estiércol	Jornal	0	50.00	-
Trasplante de plantulas	Jornal	12	50.00	600.00
LABORES CULTURALES				1,550.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	6	50.00	300.00
COSECHA				1,000.00
Extracción y amontonado	Jornal	10	50.00	500.00
clasificación y amarrado	Jornal	10	50.00	500.00
INSUMOS				4,221.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	0	0.25	-
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizholex)	kg	3	50.00	150.00
Insecticidas (cyperclin)	L	3	25.00	75.00
Compra de plántulas				
Plantulas (200 und/bandeja)	Bandejas	333	12.00	3,996.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,165.00
Mantas	und	100	2.50	250.00
Pitas	und	10	1.50	15.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,067.42
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	730.30
Alquiler de chacra		1	1000.00	1,000.00
Imprevistos 2% CD			2%	292.12
COSTOS TOTALES				16,673.42

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	66,660	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T2 y T10	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				16,356.00
				16,356.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				850.00
Incorporación de estiércol	Jornal	5	50.00	250.00
Trasplante de plántulas	Jornal	12	50.00	600.00
LABORES CULTURALES				1,550.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	6	50.00	300.00
COSECHA				1,000.00
Extracción y amontonado	Jornal	10	50.00	500.00
clasificación y amarrado	Jornal	10	50.00	500.00
INSUMOS				5,721.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	6000	0.25	1,500.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizhalex)	kg	3	50.00	150.00
Insecticidas (cyperclin)	L	3	25.00	75.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	333	12.00	3,996.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,165.00
Mantas	und	100	2.50	250.00
Pitas	und	10	1.50	15.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,189.92
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno			1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	817.80
Imprevistos 2% CD			2%	327.12
COSTOS TOTALES				18,545.92

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	66,660	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T3 y T11	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				17,906.00
				17,906.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				900.00
Incorporación de estiércol	Jornal	6	50.00	300.00
Trasplante de plantulas	Jornal	12	50.00	600.00
LABORES CULTURALES				1,550.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	6	50.00	300.00
COSECHA				1,000.00
Extracción y amontonado	Jornal	10	50.00	500.00
clasificación y amarrado	Jornal	10	50.00	500.00
INSUMOS				7,221.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	12000	0.25	3,000.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizholex)	kg	3	50.00	150.00
Insecticidas (cyperclin)	L	3	25.00	75.00
Compra de plántulas				
Plantulas (200 und/bandeja)	Bandejas	333	12.00	3,996.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,165.00
Mantas	und	100	2.50	250.00
Pitas	und	10	1.50	15.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,298.42
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno			1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	895.30
Imprevistos 2% CD			2%	358.12
COSTOS TOTALES				20,204.42

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	66,660	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T4 y T12	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				19,456.00
				19,456.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				950.00
Incorporación de estiércol	Jornal	7	50.00	350.00
Trasplante de plántulas	Jornal	12	50.00	600.00
LABORES CULTURALES				1,550.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	6	50.00	300.00
COSECHA				1,000.00
Extracción y amontonado	Jornal	10	50.00	500.00
clasificación y amarrado	Jornal	10	50.00	500.00
INSUMOS				8,721.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	18000	0.25	4,500.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizhalex)	kg	3	50.00	150.00
Insecticidas (cyperclin)	L	3	25.00	75.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	333	12.00	3,996.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,165.00
Mantas	und	100	2.50	250.00
Pitas	und	10	1.50	15.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,406.92
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno			1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	972.80
Imprevistos 2% CD			2%	389.12
COSTOS TOTALES				21,862.92

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	APIO (v1:Green giant F1 + v2: Mambo F1)			
Área de producción :	1		ha	
Densidad	150,000		plantas/ha	
ACTIVIDADES: T5 y T13	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				20,850.00
				20,850.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				750.00
Incorporación de estiércol	Jornal	0	50.00	-
Trasplante de plántulas	Jornal	15	50.00	750.00
LABORES CULTURALES				1,650.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	8	50.00	400.00
COSECHA				1,500.00
Extracción y amontonado	Jornal	15	50.00	750.00
clasificación y amarrado	Jornal	15	50.00	750.00
INSUMOS				9,450.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	0	0.25	-
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizholex)	kg	6	50.00	300.00
Insecticidas (cyperclin)	L	6	25.00	150.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	750	12.00	9,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,430.00
Mantas	und	200	2.50	500.00
Pitas	und	20	1.50	30.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,504.50
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno			1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	1,042.50
Imprevistos 2% CD			2%	417.00
COSTOS TOTALES				23,354.50

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	150,000	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T6 y T14	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				22,600.00
				22,600.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				1,000.00
Incorporación de estiércol	Jornal	5	50.00	250.00
Trasplante de plántulas	Jornal	15	50.00	750.00
LABORES CULTURALES				1,650.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	8	50.00	400.00
COSECHA				1,500.00
Extracción y amontonado	Jornal	15	50.00	750.00
clasificación y amarrado	Jornal	15	50.00	750.00
INSUMOS				10,950.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	6000	0.25	1,500.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizhalex)	kg	6	50.00	300.00
Insecticidas (cyperclin)	L	6	25.00	150.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	750	12.00	9,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,430.00
Mantas	und	200	2.50	500.00
Pitas	und	20	1.50	30.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,627.00
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	1,130.00
Alquilar de terreno	1ha		1000.00	1,000.00
Imprevistos 2% CD			2%	452.00
COSTOS TOTALES				25,227.00

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	150,000	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T7 y T15	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				24,150.00
				24,150.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				1,050.00
Incorporación de estiércol	Jornal	6	50.00	300.00
Trasplante de plántulas	Jornal	15	50.00	750.00
LABORES CULTURALES				1,650.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	8	50.00	400.00
COSECHA				1,500.00
Extracción y amontonado	Jornal	15	50.00	750.00
clasificación y amarrado	Jornal	15	50.00	750.00
INSUMOS				12,450.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	12000	0.25	3,000.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizhalex)	kg	6	50.00	300.00
Insecticidas (cyperclin)	L	6	25.00	150.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	750	12.00	9,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,430.00
Mantas	und	200	2.50	500.00
Pitas	und	20	1.50	30.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,735.50
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno	ha	1	1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	1,207.50
Imprevistos 2% CD			2%	483.00
COSTOS TOTALES				26,885.50

COSTO DE PRODUCCION PARA 1 Ha DE CULTIVO DE APIO				
Cultivo	Apio			
Área de producción :	1	ha		
Densidad	150,000	plantas/ha		
ACTIVIDADES: T8 y T16	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
COSTOS DIRECTOS				25,700.00
				25,700.00
PREPARACIÓN DEL TERENO				1,070.00
Limpieza del terreno	Jornal	1	50.00	50.00
Aradura	HM	4	70.00	280.00
Rastra o mullido	HM	3	80.00	240.00
Surcado (cama)	Jornal	10	50.00	500.00
SIEMBRA				1,100.00
Incorporación de estiércol	Jornal	7	50.00	350.00
Trasplante de plántulas	Jornal	15	50.00	750.00
LABORES CULTURALES				1,650.00
Control de arvenses (global)	Jornal	15	50.00	750.00
Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	10	50.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	8	50.00	400.00
COSECHA				1,500.00
Extracción y amontonado	Jornal	15	50.00	750.00
clasificación y amarrado	Jornal	15	50.00	750.00
INSUMOS				13,950.00
Abonamineto				
Estiércol	kg	18000	0.25	4,500.00
Control fitosanitario				
Fungicidas (Rhizhalex)	kg	6	50.00	300.00
Insecticidas (cyperclin)	L	6	25.00	150.00
Compra de plántulas				
Plántulas (200 und/bandeja)	Bandejas	750	12.00	9,000.00
MATERIALES Y EQUIPOS				6,430.00
Mantas	und	200	2.50	500.00
Pitas	und	20	1.50	30.00
Mochila fumigadora	und	2	350.00	700.00
Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
COSTOS INDIRECTOS				2,844.00
Análisis del suelo		1	45.00	45.00
Alquilar de terreno	ha	1	1000.00	1,000.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	1,285.00
Imprevistos 2% CD			2%	514.00
COSTOS TOTALES				28,544.00

Anexo 4.

Resultado del análisis de suelo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 10275-23/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Heydi Noemí Aguilar
 Propietario / Productor : Heydi Noemí Aguilar
 Dirección del cliente : Asoc. Los Mecánicos Mz I-1 Lote 3 A - Ayacucho
 Solicitado por : Heydi Noemí Aguilar
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestra
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Tambillo - Huamanga - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 06-10-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-06
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliar - LABSAF Cnaan
 Fecha(s) de análisis : 2023-10-09 al 2023-10-12
 Cotización del servicio : 096-23-CA
 Fecha de emisión : 2023-10-13

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1440-CA-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	06/10/2023(*)					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:00 (*)					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	--					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.4			
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	8.3			
Materia Orgánica (**)	%	0.2	1.9			
Nitrógeno (**)	%	--	0.10			
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	33.76			
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	151.76			
Carbonato de calcio (**)	%	--	--			
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--			
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--			
Textura (**)						
Arena	%	--	54			
Limo	%	--	34			
Arcilla	%	--	12			
Clase Textural	---	--	Franco Arenoso			
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	3.86			
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	3.26			
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	2.58			
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	2.54			
CIC (**)	cmol (+)/Kg	--	12.25			

Anexo 5.

Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis



Foto 1. Limpieza del terreno.



Foto 2. Preparación del terreno con motocultor.



Foto 3. Nivelación de la parcela experimental.



Foto 4. Delimitación de las camas de producción (Bloques)



Foto 5. Pesaje del estiércol de ovino.



Foto 6. Aplicación del estiércol de ovino a la parcela experimental.



Foto 7. Uniformización de la aplicación del estiércol de ovino.



Foto 8. Plantines de apio listas para el trasplante.



Foto 9. Siembra directa del apio (Trasplante).



Foto 10. Siembra directa del apio (Trasplante).



Foto 11. Establecimiento de las plantines trasplantadas.



Foto 12. Escarda y control de malezas.



Foto 13. Control de las malezas.



Foto 14. Plantas de apio en desarrollo (Densidad: 150000plantas/ha)



Foto 15. Plantas de apio en desarrollo (Densidad: 66666 plantas/ha)



Foto 16. Cultivo de apio en desarrollo.



Foto 17. Riego por inundación por camas de cultivo.



Foto 18. Control fitosanitario del cultivo.



Foto 19. Visita de los miembros del jurado a la parcela experimental.



Foto 20. Evaluación del rendimiento de la variedad Mambo F1 (Kg).



Foto 21. Evaluación del rendimiento de la variedad Green giant F1 (Kg).



Foto 22. Evaluación de la altura de planta (Cm).



Foto 23. Evaluación del número de peciolo por planta (Unidades).



Foto 24. Evaluación del diámetro del cuello de la planta (mm).

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. RUBEN AURELIO CAHUANA LOYOLA
R.D. N° 201-2025-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los veintiocho días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las dieciséis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por la Ph.D. Marhleni Cerda Gómez, Ing. Edgar Tenorio Mancilla como asesor, M.Sc. Alejandro Camasca Vargas y el Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Tambillo 2685 msnm-Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **RUBEN AURELIO CAHUANA LOYOLA**.

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

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez	15	15	15	15
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	17	17	17	17
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas	17	16	16	16
Ing. Eduardo Robles García	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

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


.....
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez
Presidente


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Asesor


.....
M.Sc. Alejandro Camasca Vargas
Jurado


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D. N° 226-2025-UNSCH-FCA-D, de fecha 19 de agosto de 2025; hace constar que el trabajo titulado;

Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Tambillo 2685 msnm-Ayacucho

Autor : Ruben Aurelio CAHUANA LOYOLA

Asesor : Edgar TENORIO MANCILLA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de catorce por ciento (**14 %**) de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2777923923

Ayacucho, 11 de octubre de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación y Tesis - FCA

Densidad de plantas y niveles
de estiércol de ovino en la
producción de dos variedades
de apio (*Apium graveolens* L.)
Tambillo 2685 msnm-Ayacucho
por Ruben Aurelio CAHUANA LOYOLA

Fecha de entrega: 11-oct-2025 11:16a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2777923923

Nombre del archivo: Tesis_Ruben_Aurelio_Cahuana_Loyola_EPA.pdf (15.98M)

Total de palabras: 27545

Total de caracteres: 136847

Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Tambillo 2685 msnm-Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	3%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	5%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	4%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.umsa.bo	1%
	Fuente de Internet	
4	www.repositorio.usac.edu.gt	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.uta.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
6	tesis.unap.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.utea.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
8	cdn.www.gob.pe	<1%
	Fuente de Internet	

9	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
13	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
14	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Tambillo 2685 msnm-Ayacucho

Ruben Aurelio Cahuana Loyola¹

ruben.cahuana.01@unsch.edu.pe

Edgar Tenorio Mancilla²

edgar.tenorio@unsch.edu.pe

Áreas de investigación: Medio Ambiente

Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia de la densidad de plantas y los niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en condiciones agroecológicas de Santiago de Huatatas; se desarrolló el trabajo de investigación utilizando el Diseño de Bloques Completamente Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de dos variedades de apio (Green giant F1 y Mambo F1), dos densidades de siembra (150,000 y 66,660 plantas ha⁻¹) y tres niveles de estiércol de ovino (0, 6, 12 y 18 t ha⁻¹) lo que resulta en 16 tratamientos con 3 repeticiones. En los resultados más destacados, en la altura de planta se encontró un incremento de 19.87% con 18 t ha⁻¹ de estiércol y la alta densidad (150,000 plantas ha⁻¹) en Mambo F1. En diámetro de cuello se encontró 93.68 mm en la variedad Green Giant F1 al utilizar densidad baja y 18.0 t ha⁻¹ de estiércol. En número de peciolos se encontró un incremento de 19.81% al utilizar densidad baja y 18 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green Giant F1. Al emplear densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol. En el análisis de rentabilidad de los tratamientos, con el T12 (Mambo + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) se encontró porcentaje de rentabilidad más alto, 363.45%; beneficio costo (B/C) = 4.6 >1 (T12); es decir, con este tratamiento se logra obtener un valor de recupero de 3.6 soles por cada sol invertido.

Palabras clave: *Apium graveolens* L., densidad, estiércol, variedades.

**Plant density and levels of sheep manure in the production
of two varieties of celery (*Apium graveolens* L.)
Tambillo 2685 masl-Ayacucho**

Ruben Aurelio Cahuana Loyola¹

ruben.cahuana.01@unsch.edu.pe

Edgar Tenorio Mancilla²

edgar.tenorio@unsch.edu.pe

Research areas: Environment

Research line: Agricultural Production Systems

ABSTRACT

With the objective of evaluating the influence of plant density and sheep manure levels on the performance of two varieties of celery (*Apium graveolens* L.) under agroecological conditions in Santiago de Huatatas; The research work was developed using the Completely Randomized Block Design (DBCR) with a factorial arrangement of two varieties of celery (Green giant F1 and Mambo F1), two planting densities (150,000 and 66,660 plants ha⁻¹) and three levels of sheep manure (0, 6, 12 and 18 t ha⁻¹), resulting in 16 treatments with 3 repetitions. In the most notable results, an increase of 19.87% was found in plant height with 18 t ha⁻¹ of manure and high density (150,000 plants ha⁻¹) in Mambo F1. In neck diameter, 93.68 mm was found in the Green Giant F1 variety when using low density and 18.0 t ha⁻¹ of manure. In the number of petioles, an increase of 19.81% was found when using low density and 18 t ha⁻¹ of manure in the Green Giant F1 variety. When using high density (150,000 plants ha⁻¹) and a dose of 18.0 t ha⁻¹ of manure in the Green giant F1 (V1) variety, higher yield was found, equivalent to 110.77 t ha⁻¹, this maintains an increase of 51.28% compared to the Mambo F1 variety without manure. In the profitability analysis of the treatments, with T12 (Mambo + 66,660 plants ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ sheep manure) the highest profitability percentage was found, 363.45%; benefit cost (B/C) = 4.6 > 1 (T12); That is, with this treatment it is possible to obtain a recovery value of 3.6 soles for each sole invested.

Keywords: *Apium graveolens* L., density, manure, varieties

I. INTRODUCCIÓN

El apio (*Apium graveolens* L.) es un cultivo con importante valor nutricional y económico, su rendimiento puede variar según la variedad, entre 48 – 70 t ha⁻¹, en condiciones hidropónicas puede rendir 3.5 kg m⁻² (Marulanda, 2003, como se citó en Quispe, 2020). En el Perú, Arequipa reportó un rendimiento de 21,651 kg ha⁻¹ en 2017, destacándose como una de las zonas con mayor producción. Además, el rendimiento puede verse afectado por diversos factores como el manejo del abonamiento y la presencia de plagas, lo que sugiere que los agricultores deben optimizar sus prácticas para mejorar la producción y aprovechar las condiciones climáticas favorables durante la época de lluvias (Santos, 2019).

Los factores agronómicos como el tipo de fertilización y la densidad de plantación afectan los rendimientos del apio. La competencia por recursos como la luz, el agua y los nutrientes puede verse influida por la densidad de plantación, que a su vez afecta a la forma en que las plantas crecen y se desarrollan. Sin embargo, un factor contribuyente significativo ha sido la aplicación de estiércol de oveja, conocido por su riqueza en nutrientes y cualidades para mejorar el suelo (Antichi et al., 2019). La capacidad de los agricultores para maximizar su producción se ve obstaculizada por la falta de información sobre los efectos de las distintas densidades de plantación y los niveles de estiércol en las distintas variedades de apio. Por lo tanto, es esencial tener un conocimiento profundo de las relaciones entre estos factores y cómo utilizarlos para aumentar la calidad del apio (Libutti & Rivelli, 2021).

Existen antecedentes que demuestran el efecto positivo de los abonos orgánicos, efecto intrínseco de las variedades y las distintas densidades de plantas por unidad de superficie. Casa (2018) demostró que la aplicación de los abonos orgánicos en el cultivo de apio es indispensable, ya que mejora los parámetros agronómicos del cultivo. Por su parte, Machaca (2007), demostró que niveles de estiércol de ovino mejoraron significativamente los parámetros agronómicos del cultivo de apio. Asimismo, Quispe (2020), encontró influencia favorable del estiércol en el rendimiento del cultivo de apio, donde, la dosis más alta (9.0 t ha⁻¹) tuvo efecto más significativo. Por otra parte, Surec (2017), al evaluar distintas densidades de plantas en el cultivo de apio, llegó a concluir que, a menor densidad, las plantas tienden a desarrollarse mucho mejor; mientras, a mayores densidades, las plantas tienden a elongarse más.

El cultivo del apio es muy importante por su valor nutricional y económico para los agricultores, tanto es así, que en nuestra región contamos con diferentes nichos ecológicos aptos para el cultivo de apio. Sin embargo, la falta de conocimientos prácticos de densidad

de plantas que optimicen el uso del suelo agrícola, la adecuada uso de materia orgánica como el estiércol y variedades mejoradas de apio, hacen necesario realizar este tipo de trabajos de investigación. La materia orgánica incorporada en el suelo tiene grandes beneficios para un manejo sostenible del suelo y muchas bondades para el mejor desarrollo de los cultivos instalados con un enfoque de una agricultura que tenga menor impacto posible sobre el medio ambiente. Bajo este contexto, existe un vacío científico en temas relacionados al planteado en nuestra región, por lo que urge realizar trabajos de investigación de este tipo.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.

Objetivos específicos

1. Establecer la influencia de la densidad de plantas en las características productivas de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.
2. Determinar la influencia de niveles de estiércol de ovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.
3. Realizar el análisis de índice de rentabilidad de los tratamientos en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en el distrito de Tambillo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación de la zona de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en Santiago de Huatatas, del distrito de Tambillo de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, ubicado en la región quechua con una altitud de 2685 m.s.n.m. con una latitud de 13° 11' 17''S y una longitud de 74° 11' 32''O, de acuerdo con el diagrama bioclimático utilizado por Holdridge para clasificar las zonas de vida, Santiago de Huatatas se ubica en la zona ee-MBS (espino-montañosa subtropical), que abarca de 2000 a 3100 msnm.

2.2. Condiciones climáticas

El área experimental presenta la temperatura promedio más baja de 6.5 °C y la temperatura promedio más alta de 27.7 °C, según la estación meteorológica INIA-Canaán. La precipitación total anual es de 569.9 mm. Las temperaturas máxima, mínima y media registradas entre junio de 2023 y mayo de 2024 fueron de 25.37, 10.09 y 17.73 C°, respectivamente, como lo muestra el balance hídrico. Durante la campaña agrícola del año 2024, la precipitación total fue de 639.60 mm. Entre abril y mayo de 2024, se presentó un déficit hídrico.

2.3. Características del suelo

Las características principales del suelo experimental se describen de la siguiente manera: la materia orgánica es bajo (1.9 %); mientras, el fósforo y potasio se encuentran en nivel alto (33.76 ppm) y medio (151.76 ppm), respectivamente. Referente a la reacción del suelo, presenta ligeramente alcalino (pH = 7.4). Asimismo, la conductividad eléctrica fue 0.21 (suelo normal) y clases textural de franco arenoso. Asimismo, el PSI (Porcentaje de sodio intercambiable) se encuentra en 20.75% > 15%, lo que sugiere que el suelo contiene sodio en nivel alto y que podría tener influencia en el rendimiento.

2.4. Materiales, equipos e insumos

- Lampa
- Pico
- Cuaderno de campo
- Cámaras fotográficos
- Flexómetro
- Vernier
- Balanza
- Lápiz y lapicero
- Manta y costales
- Cuchillo
- Estiércol de ovino
- Fungicida

2.5. Material vegetal y guano

2.5.1. Material vegetal

Los plantines de apio fueron adquiridos de la plantinera “Carlitos” ubicado en el distrito de Carabayllo de la región Lima.

- Green giant F1
- Mambo F1

2.5.2. Material guano

- Estiércol de ovino

2.6. Variables

2.6.1. Variables independientes

Características de las variables independientes

Variables independientes	Indicadores
Densidad de plantas	D1: Cama de 1.20 m trasplantada en un marco de 0.3 x 0.3 m, Calle de las camas 0.8m (66,660 plantas ha ⁻¹) D2: Cama de 1.20 m trasplantada en un marco de 0.2 x 0.2 m, Calle de las camas 0.8 m (150,000 plantas ha ⁻¹)
Abonamiento	E0: Sin estiércol (testigo) E1: 6 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino E2: 12 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino E3: 18 t ha ⁻¹ de estiércol de ovino
Variedad	V1: Green giant F1 V2: Mambo F1

2.6.2. Variables dependientes

Características de las variables dependientes

Variables dependientes	Indicadores
Rendimiento	1. Altura de planta 2. Diámetro del cuello de la planta 3. Número de peciolos por planta 4. Rendimiento de apio

2.7. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloque Completo Randonizado (DBCR); con arreglo factorial de dos variedades, dos densidades de siembra y tres niveles de estiércol de ovino más un testigo; con 16 tratamientos y 3 bloques (repeticiones). El modelo aditivo lineal:

$$Yijkl = \mu + ai + \beta j + \gamma k + (\alpha\beta)ij + (\alpha\gamma)ik + (\beta\gamma)jk + (\alpha\beta\gamma)ijk + Bm + \epsilonijkl$$

Donde:

- ✓ $Yijkl$: Observación del tratamiento con el i-ésimo nivel de A, j-ésimo nivel de B, k-ésimo nivel de C, y l-ésima repetición.
- ✓ μ : Media general.
- ✓ ai : Efecto del i-ésimo de variedad (factor A).
- ✓ βj : Efecto del j-ésimo nivel de densidad de plantas (factor B).
- ✓ γk : Efecto del k-ésimo nivel de guano de ovino (factor C).
- ✓ $(\alpha\beta)ij$: Interacción entre variedad y densidad.
- ✓ $(\alpha\gamma)ik$: Interacción entre densidad de siembra y guano.
- ✓ $(\beta\gamma)jk$: Interacción entre variedad y guano.
- ✓ $(\alpha\beta\gamma)ijk$: Interacción triple entre los tres factores.
- ✓ \epsilonijkl : Error experimental
- ✓ $Bm = 1, 2, 3$ bloques

2.8. Características de los tratamientos

Tratamientos	Código	Descripción
T1	V1xD1xE0	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T2	V1xD1xE1	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T3	V1xD1xE2	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T4	V1xD1xE3	Green giant + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T5	V1xD2xE0	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T6	V1xD2xE1	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T7	V1xD2xE2	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T8	V1xD2xE3	Green giant + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T9	V2xD1xE0	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T10	V2xD1xE1	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T11	V2xD1xE2	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T12	V2xD1xE3	Mambo + 66,660 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T13	V2xD2xE0	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 0 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T14	V2xD2xE1	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 6 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T15	V2xD2xE2	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 12 t ha ⁻¹ estiércol de ovino
T16	V2xD2xE3	Mambo + 150,000 plantas ha ⁻¹ + 18 t ha ⁻¹ estiércol de ovino

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de la planta

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1

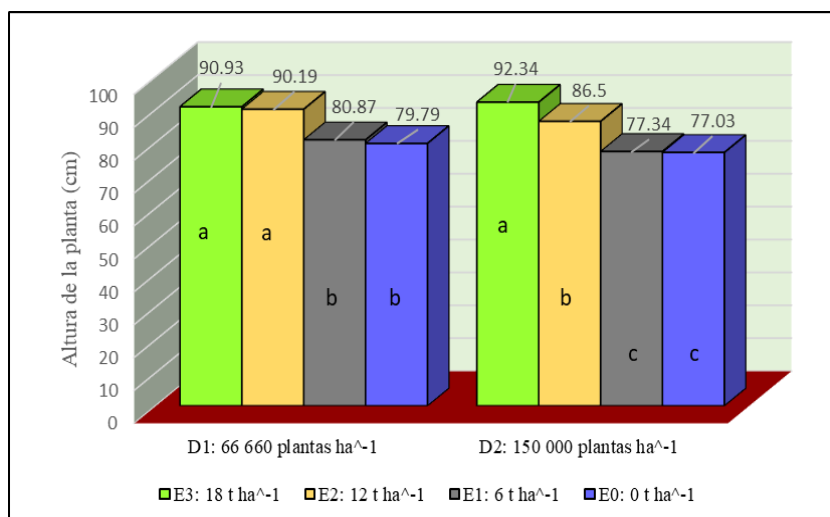
Análisis de varianza de altura promedio de la planta en variedades de apio por efecto de niveles de estiércol de ovino y densidades de plantas. Tambillo, 2685 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	22.36	11.180	3.634	0.0386 *
Densidad (D)	1	55.00	55.000	17.878	0.0002**
Nivel de estiércol (E)	3	1582.19	527.397	171.437	<0.0001 **
Variedad (V)	1	87.53	87.530	28.453	<0.0001 **
Interacción (D*E)	3	52.03	17.343	5.638	0.0035**
Interacción (D*V)	1	128.64	128.640	41.816	<0.0001 **
Interacción (E*V)	3	21.09	7.030	2.285	0.0990ns
Interacción (D*E*V)	3	40.68	13.560	4.408	0.0110*
Error	30	92.29	3.076		
Total	47	2081.81			
C. V (%):	2.08				

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de varianza de la altura promedio del apio. Los resultados indican que las fuentes de variación fueron estadísticamente significativas, excepto la interacción entre niveles de estiércol de ovino y variedades de apio (E*V). La significancia de los efectos principales de densidad, nivel y variedad indica que estos factores influyen positivamente en la altura de la planta. Asimismo, la interacción significativa entre la densidad de plantas, niveles de estiércol y variedades permite realizar un análisis de efectos simples con el objetivo de examinar el comportamiento de interacción entre estos factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 2.08%, lo cual nos indica una alta precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..1

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) altura promedio de la planta de apio, por efectos simples de densidad de plantas y niveles de estiércol en promedio de variedades de apio. Tambillo, 2685 msnm



En la Figura 3.1, se muestra la comparación de medias Tukey de los efectos simples de las interacciones de densidad de plantas con niveles de estiércol de ovino. Se observa que, empleando la menor densidad de plantas (66 660 plantas ha⁻¹) con niveles de 18.0 y 12.0 t ha⁻¹ de estiércol, se encontró mayor altura, cuyos valores resultaron 90.93 y 90.19 cm, respectivamente, estos superaron al testigo estadísticamente con incrementos de 13.96% y 11.53%, respectivamente.

Por otro lado, al emplear alta densidad de plantas (150 000 plantas ha⁻¹) más 18 t ha⁻¹ de estiércol, se encontró altura estadísticamente superior al resto, superando al testigo en 15.31 cm, lo que representa un incremento de 19.87%. Mientras, con los demás niveles de estiércol se encontraron alturas más bajas.

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Machaca (2007), quien al aplicar mayores cantidades de estiércol efectos (38 t ha⁻¹) favorables en crecimiento en altura de las plantas de apio en comparación con el tratamiento testigo (sin guano). Asimismo, Shengchang-Huai et al. (2024) destacan que, el uso de las fuentes orgánicas como el estiércol mejora la calidad y fertilidad del suelo, y esto se traduce en elongación de cultivos hortícolas como el apio. Kumari et al. (2024) señalan que, al descomponerse de materia orgánica libera ácidos orgánicos capaces de formar quelatos, reduciendo la fijación del fosfato y mejorando su disponibilidad en el suelo y, como consecuencia, se incrementan los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) disponibles, lo que promueve un mayor desarrollo y elongación de las plantas hortícolas como el apio. En esta misma línea, Sevinç-Başay et al. (2025) corroboraron que la aplicación de abonos orgánicos, como el estiércol de corral, tiene un efecto positivo en la altura de cultivos como la berenjena, específicamente durante el primer año de aplicación, esto evidencia el beneficio de estiércoles.

Según el análisis de suelo, tanto los niveles de P y K se encuentran en niveles altos y medio, respectivamente; por lo que estos nutrientes no fueron limitantes para cultivo de apio. Estos hallazgos son consistentes con los reportes de Kumari et al. (2024), quienes, en suelos similares, con textura franco-arenosa y con niveles adecuados de fósforo y potasio favorecieron al desarrollo de cultivos hortícolas.

Al igual que los otros abonos orgánicos, el estiércol de ovino incrementa la MO del suelo, lo cual mejora la estructura y su capacidad de retener al agua y posteriormente libera sus nutrientes. Esto favorece al desarrollo radicular y, posteriormente, también favorece la eficiencia en absorción de los nutrientes esenciales para la planta (Navarro et al., 2020; Das et al., 2023).

Kumari et al. (2024) y Kan et al. (2024) coinciden en afirmar que, a diferencia de los fertilizantes sintéticos, los abonos orgánicos como estiércol de ovino liberan sinfín de sustancias en el suelo, de manera lenta en mediano y largo plazo, estas características evitan

el estrés de cultivos por deficiencias nutricionales de la planta; los que finalmente promueve un crecimiento y desarrollo equilibrado de los cultivos como el apio.

Finalmente, el alto contenido de sodio en el suelo pudo ser mitigado parcialmente por la aplicación de estiércol, el cual, según Gondal et al. (2021), puede mejorar la estructura del suelo y reducir la toxicidad por sodio mediante el aumento de la actividad microbiana y la liberación de ácidos orgánicos.

3.2. Diámetro del cuello

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2

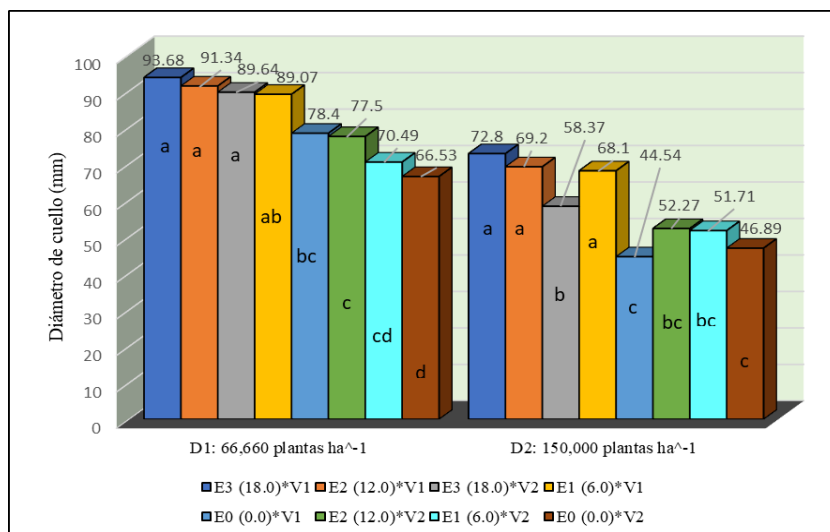
Análisis de varianza del diámetro promedio de tallo en variedades de apio, por efecto de densidad de y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	11.52	5.760	0.469	0.6299ns
Densidad (D)	1	69.67	69.670	5.675	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	2399.97	799.990	65.169	<0.0001**
Variedad (V)	1	1647.95	1647.950	134.245	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	86.81	28.937	2.357	0.0916ns
Interacción (D*V)	1	1.61	1.610	0.131	0.7198ns
Interacción (E*V)	3	304.02	101.340	8.255	0.0004**
Interacción (D*E*V)	3	241.68	80.560	6.563	0.0015**
Error	30	368.27	12.276		
Total	47	5131.5			
C. V (%):	5.00				

La Tabla 3.2 muestra el análisis de varianza para el diámetro promedio del cuello de apio (Green Giant F1 y Mambo F1). Los resultados indican que las fuentes de variación resultaron estadísticamente significativas, excepto las interacciones entre la densidad de plantas y variedades (D * V) y entre la densidad de plantas y niveles de estiércol (D * N). La significancia de los efectos principales de densidad, nivel y variedad indica que estos factores influyeron positivamente en el diámetro del cuello del apio. Asimismo, la interacción significativa entre las variedades y los niveles de estiércol de ovino permite realizar un análisis de efectos simples, con la finalidad de examinar el comportamiento de la interacción entre estos factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 5.0%, lo cual nos confiere precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del diámetro de cuello del apio, por los efectos simples de la interacción variedad * estiércol en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm.



La Figura 3.2, presenta la comparación de medias Tukey de efectos simples de la interacción de niveles de estiércol y variedades en cada densidad de plantas de apio. Al utilizar la densidad de plantas más baja (66,660 plantas), se encontró diámetro máximo de 98.68 mm, lo cual fue producto del efecto de la interacción de estiércol 18 t ha⁻¹ y V1: Green giant F1; no obstante, este no se diferenció claramente en comparación del efecto de las interacciones: E2*V1, E3*V2 y E1*V1.

Al utilizar la densidad de plantas más alta (150,000 plantas), bajo el efecto de las interacciones 18 t ha⁻¹ y V1 (Green giant F1) se encontró un diámetro máximo de 72.8 mm de cuello.

Al emplear la más baja densidad de plantas, en condiciones de Huatas el diámetro de cuello resultó 93.68 mm en Green Giant F1. Estos resultados indican que el incremento de niveles de guano favorece un mayor desarrollo del cuello de la planta. Este reporte es superior a los hallazgos de Quispe (2020), quien tras aplicar 9 t ha⁻¹ de fuente orgánica (gallinaza), reportó un diámetro máximo de cuello de apio (77.3 mm). Asimismo, Machaca (2007) al aplicar 38 t ha⁻¹ de estiércol de ovino reportó diámetro máximo de 72 mm, aunque la dosis de abono es más alta que los aplicados en Huatatas.

Muchas investigaciones han demostrado que la materia orgánica es muy fundamental en el suelo, lo cual mejora la estructura y su capacidad de retener al agua y posteriormente libera sus nutrientes (Das et al., 2023). Esto favorece al desarrollo radicular y, posteriormente, también favorece la eficiencia en absorción de los nutrientes esenciales para la planta (Navarro et al., 2020). Asimismo, se ha demostrado que la MO enriquece el microbiota del suelo, facilitando procesos como la mineralización de nutrientes y la síntesis de fitohormonas (Gondal et al., 2021). Otros autores han demostrado que algunos microorganismos liberan sustancias como las auxinas que estimulan el desarrollo como la altura y diámetro de las

plantas (Zheng et al., 2023). Todas estas afirmaciones explican el buen rendimiento encontrado en el cultivo de apio en condiciones de Huatatas.

Uno de las condiciones críticas que se ha encontrado es el pH ligeramente alcalino (7.4) y sodio intercambiable alto (20.75% > 15%). Gondal et al. (2021) afirman que un pH alcalino puede reducir disponibilidad de micronutrientes esenciales como Fe y Zn. No obstante, el análisis de estiércol de ovino evidenció que es rico en micronutrientes (Fe: 12,640 ppm y 180 ppm de Zn). Por lo tanto, la aplicación de este estiércol pudo haber contrarrestado las posibles limitaciones en el suelo actuando como una enmienda correctiva, gracias a efecto quelatizante de la materia orgánica.

Según las conclusiones de Du et al. (2020) y Dhaliwal et al. (2019), el estiércol mejora sistemáticamente en suelo en su conjunto en rendimiento de los cultivos en general; todo ello es fundamental comprender del por qué el nivel más alto de estiércol de ovino (18.0 t ha⁻¹) influyó significativamente en diámetro de apio (93.68 mm). Además, al análisis de estiércol arrojó 2.16% de Nitrógeno orgánico (N-org) y 2.04% de K₂O (Potasa), que son esenciales para desarrollo de tallos y peciolas de apio. Asimismo, el suelo tenía 1.9% de MO que es baja, esta limitación fue sustituido por la alta composición de MO (56.92%) de estiércol de ovino.

3.3. Número de peciolas por planta

Tabla 3.3 Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..3

Análisis de varianza del número promedio de peciolas de variedades de apio, por efecto de densidad de plantas y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm

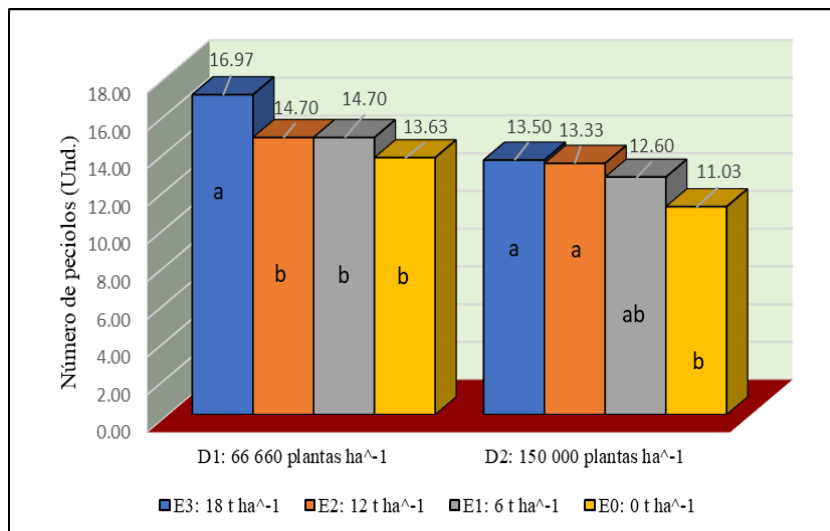
F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.56	0.280	0.681	0.5152ns
Densidad (D)	1	68.16	68.160	165.705	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	51.30	17.100	41.572	<0.0001**
Variedad (V)	1	167.25	167.250	406.605	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	7.00	2.333	5.673	0.0033**
Interacción (D*V)	1	0.05	0.050	0.122	0.7213ns
Interacción (E*V)	3	15.58	5.193	12.626	<0.0001**
Interacción (D*E*V)	3	10.65	3.550	8.630	0.0003**
Error	30	12.34	0.411		
Total	47	332.89			
C. V (%):	4.65				

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza del número promedio de peciolas por planta de apio (Green Giant F1 y Mambo F1). Aquí se observa que las fuentes de variación fueron estadísticamente significativas, excepto la interacción entre densidad de plantas y variedades (D*V). La significancia en los efectos principales de densidad, nivel de estiércol y variedad indican que estos factores influyeron positivamente en la cantidad de peciolas. Además, la interacción significativa de variedades, niveles de estiércol y densidad de plantas

nos permite analizar los efectos simples de los factores. El coeficiente de variación obtenido fue del 4.65%, lo que indica precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..3

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de número promedio de peciolo de apio, por los efectos simples de densidad y niveles de estiércol en cada variedad. Tambillo, 2685 msnm



La Figura 3.3, presenta la comparación de medias Tukey de los efectos simples de la densidad de plantas y niveles de guano de ovino en el número promedio de peciolo del apio. Al aplicar 18 t ha⁻¹ de guano en una población de menor densidad de plantas (66,660 plantas ha⁻¹) se encontró número de peciolo superior estadísticamente, cuyo valor encontrado fue 16.97 unidades, superando al testigo con 3.34 und., lo cual equivale a un incremento de 19.81%. Al utilizar alta densidad de plantas (150,000 plantas ha⁻¹) se encontraron respuestas similares con la aplicación de 18, 12 y 6 t ha⁻¹, con valores de 13.50, 13.33 y 12.60 unidades, respectivamente. En general, a menor densidad se logró obtener mayor número de peciolo por planta.

En primer lugar, el análisis de suelo revela una condición limitante principal: un Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) alto (20.75%). Un PSI > 15% indica problemas de sodicidad, lo que puede deteriorar la estructura del suelo, reducir la infiltración de agua y la disponibilidad de nutrientes, afectando negativamente el desarrollo radicular y, por ende, el rendimiento del cultivo (Dhaliwal et al., 2019). Sin embargo, la aplicación de guano de ovino parece haber mitigado este efecto. El análisis del estiércol muestra que es rico en Materia Orgánica (MO = 56.92%). La incorporación de MO mejora la estructura de los suelos sódicos al promover la agregación, aumentar la porosidad y facilitar el lavado de sales, mejorando el ambiente radicular (Du et al., 2020; Zheng et al., 2023).

El estiércol también presentó un pH alcalino (8.9), similar al del suelo (7.4). Gondal et al. (2021) explican que, en suelos alcalinos, la disponibilidad de micronutrientes como el Zn y el Fe se reduce. Si bien el estiércol es rico en estos elementos (Fe = 12,640 ppm; Zn = 180 ppm), su alta alcalinidad podría limitar su disponibilidad inmediata para las plantas. No

obstante, la actividad microbiana promovida por la materia orgánica del estiércol ayuda a acidificar la rizosfera y facilitar la solubilización de estos nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo (Kan et al., 2024), lo que probablemente sustentó el crecimiento observado.

Kumari et al. (2024) afirman que la descomposición de materia orgánica libera ácidos orgánicos e hidroxílicos que forman quelatos con Fe, Al, Mg o Ca, reduciendo la fijación de fosfato y mejorando la disponibilidad de P en el suelo. Esto podría justificar los mejores incrementos de los peciols de apio, debido a que los abonamientos son más eficientes en suelos pobres. Asimismo, Libutti y Rivelli (2021) afirman que la materia orgánica libera un sinnúmero de sustancias en el suelo, los que influyen en los cultivos y su desarrollo general. Asimismo, concluyen que estos actúan en la estabilización de pHs extremos, lo que podría justificar las mejores respuestas de apio en condiciones de Huatatas.

3.4. Rendimiento por hectárea

Tabla 3.4 *Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.*

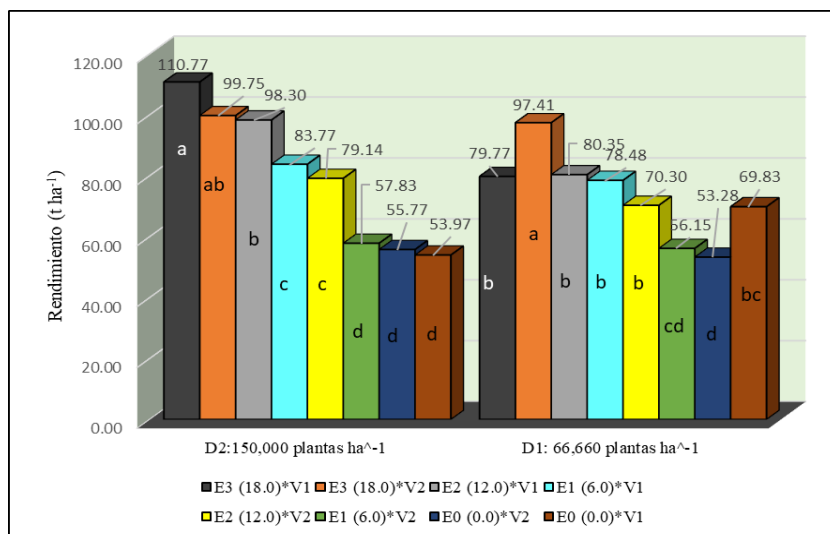
Análisis de varianza del rendimiento promedio de variedades de apio, por efecto de las densidades de plantas y niveles de estiércol de ovino. Tambillo, 2685 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	66.09	33.045	1.689	0.2018 ns
Densidad (D)	1	541.40	541.400	27.668	<0.0001**
Nivel de estiércol (E)	3	10050.72	3350.240	171.213	<0.0001**
Variedad (V)	1	1374.45	1374.450	70.241	<0.0001**
Interacción (D*E)	3	1001.03	333.677	17.052	<0.0001**
Interacción (D*V)	1	99.39	99.390	5.079	0.0317*
Interacción (E*V)	3	1208.56	402.853	20.588	<0.0001**
Interacción (D*E*V)	3	841.05	280.350	14.327	<0.0001**
Error	30	587.03	19.568		
Total	47	15769.72			
C. V (%):	5.78				

En la Tabla 3.4 se presenta el análisis de varianza del rendimiento promedio de apio. Los resultados indican que todas las fuentes de variación fueron altamente significativas, excepto las interacciones entre densidad de siembra y variedades. La significancia de las interacciones demuestra que los factores evaluados influyeron positivamente de manera conjunta en el rendimiento, es decir, su efecto depende del nivel del otro para mostrar diferencias significativas. La interacción significativa entre los factores permite realizar un análisis detallado de los efectos simples. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 5.78%, lo cual nos confiere precisión y confiabilidad en los resultados.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..4

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del rendimiento promedio del apio, por efectos simples de la interacción de niveles de estiércol x variedades en cada densidad de plantas. Tambillo, 2685 msnm



La Figura 3.4, muestra la comparación de medias de Tukey de los efectos simples de variedades y niveles de estiércol en cada densidad de plantas por hectárea. Al utilizar densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol. Al emplear una densidad de plantas más baja (66,660 plantas ha⁻¹) y 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Mambo F1 (V2), se encontró un rendimiento de 97.41 t ha⁻¹, este resultado mantiene una ventaja de 44.13 t ha⁻¹, equivalente a un incremento de 45.30% en comparación con la variedad Green Giant F1 sin estiércol.

Respecto al efecto de estiércol, las mayores dosis por hectárea tuvieron mayor influencia en rendimiento de apio (Figura 3.4), evidenciando una clara diferencia. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Machaca (2007), quien obtuvo un mayor rendimiento de 3.8 kg/m² con la aplicación de 3.8 kg/m² de estiércol de ovino, superando al testigo. De manera similar, Quispe (2020) reportó un rendimiento promedio de 96.87 t ha⁻¹ al aplicar 9 t ha⁻¹ de gallinaza, destacando que el incremento en la disponibilidad de materia orgánica potencia el efecto fisiológico en el cultivo de apio, promoviendo un mayor desarrollo y productividad. Asimismo, estudios como el de Libutti y Rivelli (2021) respaldan que el uso de enmiendas orgánicas, como el estiércol de ovino, mejora significativamente la fertilidad del suelo, optimizando la disponibilidad de nutrientes y favoreciendo el crecimiento y rendimiento de hortalizas y otros cultivos. Estos resultados refuerzan la importancia del manejo adecuado de la materia orgánica y la densidad de siembra, ya que ambos factores contribuyen a mejorar la producción de apio.

En este estudio se encontró incrementos de 51.28% en el rendimiento de la variedad Green Giant, los cual es superior a los reportes de Navarro et al. (2020), quienes, tras aplicar materia

orgánica, encontraron incrementos de 30 – 40 % en el rendimiento en variedad híbrida Green Giant F1. Además, el suelo experimental tenía materia orgánica de 3.5% (alto). Podemos deducir que la materia orgánica tiene más eficiencia en suelos pobres como de Huatatas (MO=1.9%).

Las respuestas de ambas variedades difieren, donde Green Giant supera a Mambo F1; lo cual podría justificarse con lo que dice Wu et al. (2024), que las variedades tienen distintas capacidades de adaptación y características como la tolerancia al estrés en apio. Asimismo, Gondal et al. (2021) destacan que suelos cercanos a neutralidad son los mejores y favorables, estos se relacionan relativamente a suelos de Huatatas.

En cuanto al rendimiento, Green giant F1 se destacó con mayor rendimiento al utilizar densidad más alta, teniendo un incremento de 51.28%. Estos resultados se podrían atribuirse a la eficiencia de ciertas variedades de apio de aprovechar los recursos disponibles. Como afirma Navarro et al. (2020), tras evaluar variedades híbridas de apio, menciona que el cultivo de apio tiende desarrollar mejor a altas densidades. En contraste, Mambo F1 tuvo menor respuesta que la otra variedad, lo que podría deberse a que esta variedad no se adapta a altas densidades y competencias intraespecíficas. Al respecto, Surec (2017) afirma que los altos rendimientos óptimos se alcanzan a una densidad de menores a 100,000 plantas por hectárea. Las diferencias en los rendimientos podrían explicarse por las diferencias en las condiciones edáficas y climáticas.

El estiércol de ovino aplicado no solo fue una fuente de materia orgánica, sino también de macro y micronutrientes esenciales. Su análisis mostró contenidos altos de Nitrógeno (2.16%), Potasio (2.04% K₂O) y Fósforo (1.10% P₂O₅), nutrientes críticos para el crecimiento vegetativo, el desarrollo de tallos (el principal producto en apio) y el sistema radicular. La alta densidad de plantas (150,000 plantas ha⁻¹) genera una enorme demanda competitiva por estos recursos. Estos se sustentan con las afirmaciones Dhaliwal et al. (2019); Dikinya y Mufwanzala (2010), para quienes, el estiércol, al liberar nutrientes de forma gradual, actúa como una reserva constante que satisface esta demanda a lo largo del ciclo del cultivo, maximizando el rendimiento por unidad de área.

El análisis de suelo mostró un PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) del 20.75%, lo que indica un nivel de sodio alto que puede causar estrés salino. El análisis del estiércol también mostró una CE elevada (5.24 dS/m), confirmando su salinidad. La variedad **Green Giant F1** demostró un mejor desempeño bajo estas condiciones, sugiriendo una mayor tolerancia al estrés salino comparada con la variedad Mambo F1. Y Según Wu et al. (2024) Esto resalta la importancia de seleccionar materiales genéticos adaptados a las condiciones específicas del suelo, incluso cuando se usa enmienda orgánica.

3.5. Análisis económico

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..5

Rentabilidad económica del apio, en dos variedades, dos densidades de plantas y cuatro niveles de abonamiento. Tambillo, 2685 msnm.

Trt	Rdt. (docenas ha ⁻¹)	Costo prod. (S/.)	Docenas por categoría			PU (S/. kg) por categorías			Valor bruto de prod. (S/x ha) por categoría			Valor bruto total (S/ x ha)	Valor neto (S/)	Rentab (%)	Beneficio costo (B/C)
			Primera	Segunda	Tercera	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra	Total	Total		
T1	4,444	16,673.42	-	1,111	3,333	20.00	12.00	6.00	0.00	13332.00	19998.00	33330.00	16,656.58	99.90	2.0
T2	4,722	18,545.92	708	2,361	1,653	20.00	12.00	6.00	14165.25	28330.50	9915.68	52411.43	33,865.51	182.60	2.8
T3	4,722	20,204.42	2,361	1,653	708	20.00	12.00	6.00	47217.50	19831.35	4249.58	71298.43	51,094.01	252.89	3.5
T4	4,722	21,862.92	3,541	944	236	20.00	12.00	6.00	70826.25	11332.20	1416.53	83574.98	61,712.06	282.27	3.8
T5	10,000	23,354.50	-	500	9,500	20.00	12.00	6.00	0.00	6000.00	57000.00	63000.00	39,645.50	169.76	2.7
T6	10,000	25,227.00	-	3,000	7,000	20.00	12.00	6.00	0.00	36000.00	42000.00	78000.00	52,773.00	209.19	3.1
T7	10,625	26,885.50	1,063	4,250	5,313	20.00	12.00	6.00	21250.00	51000.00	31875.00	104125.00	77,239.50	287.29	3.9
T8	10,625	28,544.00	2,125	4,250	4,250	20.00	12.00	6.00	42500.00	51000.00	25500.00	119000.00	90,456.00	316.90	4.2
T9	5,111	16,673.42	-	1,533	3,577	20.00	12.00	6.00	0.00	18398.16	21464.52	39862.68	23,189.26	139.08	2.4
T10	5,277	18,545.92	1,055	2,639	1,583	20.00	12.00	6.00	21109.00	31663.50	9499.05	62271.55	43,725.63	235.77	3.4
T11	5,277	20,204.42	3,430	1,583	264	20.00	12.00	6.00	68604.25	18998.10	1583.18	89185.53	68,981.11	341.42	4.4
T12	5,277	21,862.92	4,750	528	-	20.00	12.00	6.00	94990.50	6332.70	0.00	101323.20	79,460.28	363.45	4.6
T13	11,250	23,354.50	-	1,125	10,125	20.00	12.00	6.00	0.00	13500.00	60750.00	74250.00	50,895.50	217.93	3.2
T14	11,250	25,227.00	-	3,938	7,313	20.00	12.00	6.00	0.00	47250.00	43875.00	91125.00	65,898.00	261.22	3.6
T15	11,500	26,885.50	1,150	5,175	5,175	20.00	12.00	6.00	23000.00	62100.00	31050.00	116150.00	89,264.50	332.02	4.3
T16	11,500	28,544.00	1,725	5,750	4,025	20.00	12.00	6.00	34500.00	69000.00	24150.00	127650.00	99,106.00	347.20	4.5

En la Tabla 3.5, se muestra la rentabilidad económica de dos variedades de apio bajo el efecto de los distintos tratamientos. Estos valores se calcularon teniendo en cuenta los costos de producción de cada tratamiento; así como los precios por docena (Paquete) según la clasificación del producto: primera, 20 soles; segunda, 12 soles y tercera, 6 soles.

El costo de producción se determinó para cada tratamiento, encontrándose el valor más alto (S/. 28,885.50) para el tratamiento T8 y T16, mientras que el más bajo correspondió a los tratamientos T1 y T9 (S/. 16,673.42). El valor bruto de producción se estimó multiplicando el precio por docenas de apios en chacra por el rendimiento total en docenas clasificadas. El valor neto de producción se obtuvo haciendo una diferencia entre el valor bruto de producción y el costo de producción.

Se utilizaron los indicadores económicos de porcentaje de rentabilidad y el balance beneficio-costos (B/C). Según los resultados, el tratamiento T12 (Mambo + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) presentó la mayor rentabilidad, con un 363.45%, seguido por el T16 (Mambo + 150000 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) con un 347.20%. Esto significa que, por cada sol invertido en la producción, se obtuvo una ganancia del 363.45% y 347.20%, respectivamente. Así mismo, estos tratamientos mostraron valores de B/C = 4.6 >1 (T12) y B/C = 4.5 >1 (T16), lo que indica que por cada sol invertido se tuvo un retorno de 3.6 y 3.5 soles, respectivamente. En contraste, el tratamiento T1 presentó el menor valor con B/C = 2, pero aun así reflejó una alta rentabilidad, aumentando en función al nivel de estiércol aplicado. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Quispe (2020), quien también encontró una mayor rentabilidad en apio con el incremento en la aplicación de estiércol. De manera similar, Martínez-Espinoza y Echeverry-Galván (2021) encontraron que los abonos orgánicos influyen positivamente en la rentabilidad económica

del cultivo de apio, ya que proporcionan una gran cantidad de nutrientes y mejoran las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. Quispe-Estela (2019), afirma que los abonos orgánicos compostados y similares ofrecen innumerables beneficios para las hortalizas, ya que influyen positivamente en el desarrollo y rentabilidad económico de los cultivos. Por ello, recomienda su aplicación con la finalidad de fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Por otra parte, Cachay-Gonzales (2018), tras evaluar el procesamiento de residuos orgánicos y su aprovechamiento en cultivos y otros fines, recomienda su aprovechando racional y optimizando, ya que un manejo inadecuado podría afectar negativamente a las plantas. Asimismo, enfatiza la importancia de una adecuada gestión en el proceso de compostaje o descomposición para garantizar un rendimiento óptimo.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas influye de manera significativa en las características productivas del apio. La densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) ocasionó una respuesta desfavorable en ambas variedades, mientras que la menor densidad (66,660 plantas ha⁻¹) favoreció la calidad, la uniformidad y el peso individual de las plantas.
2. La aplicación de estiércol de ovino tuvo un efecto positivo en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.). Al utilizar densidad alta (150,000 plantas ha⁻¹) y una dosis de 18.0 t ha⁻¹ de estiércol en la variedad Green giant F1 (V1) se encontró rendimiento más alto, equivalente a 110.77 t ha⁻¹, este mantiene un incremento de 51.28% en comparación de la variedad Mambo F1 sin estiércol. Mientras, la otra variedad (Mambo F1) solo alcanzó 97.41 t ha⁻¹.
3. Los indicadores de la rentabilidad económica muestran que todos los tratamientos evaluados son rentables. El tratamiento con menor rentabilidad fue el T1, con una relación beneficio/costo (B/C) de 2 y una rentabilidad del 99.9%. En contraste, el T12 (Mambo F1 + 66,660 plantas ha⁻¹ + 18 t ha⁻¹ estiércol de ovino) resultó ser el más rentable, con una rentabilidad del 363.45% y una relación B/C = 4.6 >1; lo que significa que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de 3.6 soles. Esto indica una rentabilidad directamente proporcional al nivel de estiércol aplicado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antichi, D., Sbrana, M., Martelloni, L., Chehade, L. A., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Mazzoncini, M., Peruzzi, A., & Frascioni, C. (2019). Agronomic performances of organic field vegetables managed with conservation agriculture techniques: A study from central Italy. *Agronomy*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy9120810>

- Cachay-Gonzales, C. K. (2018). *Proyecto de instalación de una planta industrial productora de compost en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1949>
- Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 1(3), 46–54. <http://www.academicjournals.org/JSSEM>
- Dhaliwal, SS, Naresh, RK, Mandal, A., Walia, MK, Gupta, RK, Singh, R. y Dhaliwal, MK (2019). Effect of manures and fertilizers on soil physical properties, build-up of macro and micronutrients and uptake in soil under different cropping systems: a review. (2019). *Journal of Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1080//01904167.2019.1659337>
- Das, S., Liptzin, D., & Maharjan, B. (2023). Long-term manure application improves soil health and stabilizes carbon in continuous maize production system. *Geoderma*, 430, 116338. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116338>
- Gondal, AH, Hussain, I., Ijaz, AB, Zafar, A., Ch, BI, Zafar, H., ... y Usama, M. (2021). Influence of Soil Ph and Microbes on Mineral Solubility and Plant Nutrition: A Review. *Revista Internacional de Agricultura y Ciencias Biológicas*, 5 (1), 71-81. https://www.academia.edu/download/103682279/Volume_205_20Issue_201_20Pa_per_208.pdf
- Kumari, M., Prakash, D., Sheoran, S., Yadav, P. K., Ankit, Yadav, H. K., Apurva, Gupta, R. K., El-Hendawy, S., & Mattar, M. A. (2024). Long-Term Manuring and Fertilization Influence on Soil Properties and Wheat Productivity in Semi-Arid Regions. *Agronomy*, 14(10), 2383. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102383>
- Kan, Z.-R., Xu, Y., Virk, A. L., Liu, M., Pei, X., Li, Y., Yang, H., & Chen, C. (2024). Organic fertilizer substitution benefits microbial richness and wheat yield under warming. *The Science of the Total Environment*, 945, 174007–174007. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174007>
- Machaca, F. (2007). Efecto de niveles de estiércol de ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en el municipio de El Alto. [Tesis de grado, *Universidad mayor de San Andres*]. <https://goo.su/DXNeXEv>
- Martínez Espinosa, K. L., & Echeverry Galván, N. Y. (2021). *Estudio De Factibilidad De Mercados, Técnico, Administrativo Y Contable-Financiero Para La Creación De Una Empresa Productora De Abono Orgánico En La Provincia Sabana Occidente* (Doctoral dissertation).
- Navarro, A. S., Antonio, J., Carmen, del, Blanco, A., & Delgado, J. (2020). Medium-Term Influence of Organic Fertilization on the Quality and Yield of a Celery Crop. *Agronomy*, 10(9), 1418–1418. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091418>

- Libutti, A., & Rivelli, A. R. (2021). Quanti-qualitative response of swiss chard (*Beta vulgaris* l. var. *cycla*) to soil amendment with biochar-compost mixtures. *Agronomy*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020307>
- Quispe, G. L. (2020). *Niveles de gallinaza en el rendimiento de dos variedades de apio (Apium graveolens L.) en Canaán 2750 msnm. Ayacucho [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]*. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4922>
- Quispe Estela, J. J. (2019). Propuesta de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Catache, provincia de Santa Cruz-Cajamarca; para el cultivo de granadilla orgánica. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1927>
- Sevinç Başay, Dorak, S., & Barış Bülent Aşık. (2025). The Effects of Organic Fertilizer Applications on the Nutrient Elements Content of Eggplant Seeds. *Agronomy*, 15(2), 439–439. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020439>
- Santos, A. G. E. (2019). Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2057/1/T026_71245419_T.pdf
- Surec, R. S. H. (2017). Evaluación de tres densidades de siembra en la producción de apio, (*Apium graveolens* l.), en la aldea Chirijuyú, Tecpán, Chimaltenango, Guatemala, C.A. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/6894>
- Shengchang Huai, Wang, S., Yu, W., Zhang, Q., Wu, H., Xing, T., Jin, Y., Gilles Colinet, & Lu, C. (2024). Short-Term Effects of Incorporation Depth of Straw Combined with Manure During the Fallow Season on Maize Production, Water Efficiency, and Nutrient Utilization in Rainfed Regions. *Agronomy*, 14(11), 2504–2504. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112504>
- Wu, L., Du, J., Zhang, Y., Xue, Y., Jiang, C., Lu, W., Zheng, Y., Zhou, C., Xiong, A., & Li, M. (2024). Identification and Evaluation of Celery Germplasm Resources for Salt Tolerance. *Agronomy*, 14(5), 1048–1048. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051048>
- Zheng, Z., Zhou, W., Yang, Q., Jiang, J., & Miao, M. (2023). Effect of Furrow Straw Mulching and Straw Decomposer Application on Celery (*Apium graveolens* L.) Production and Soil Improvement. *Agronomy*, 13(11), 2774–2774. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112774>