

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Rendimiento de tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Agrónomo**

Autores:

Bach. Lizbeth Majorie ESPINOZA SUAREZ

Bach. Mery Luz MATEO TRUJILLO

Asesor:

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Rendimiento de tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

**Dr. Manuel LLANOS ZEVALLOS
PRESIDENTE**

**Dr. Manuel Jorge CATILLO NOLE
MIEMBRO**

**Dr. Hickey Emilio CORDOVA HERRERA
MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 014-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
ESPINOZA SUAREZ, Lizbeth Majorie
MATEO TRUJILLO, Mery Luz

Escuela de Formación Profesional
Agronomía - Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Rendimiento de tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca – Pasco

Asesor
Mag. INGA ORTÍZ, Josué Hernán

Índice de similitud
6 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 21 de abril de 2026



Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
FCPR/UIFCCAA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y a mis padres, Francisco Mateo y Clemencia Trujillo, cuyo amor sencillo, esfuerzo silencioso y fe en mí, me sostuvieron siempre. A mis hermanos Yesi, Yeltzin, Michael y Rocío, que con sus palabras, gestos y cariño me dieron fuerza en los días difíciles. A mis sobrinos Dilan, Eithan y Valentina, por cada sonrisa que iluminó mi camino. Y a Max, por estar a mi lado, creer en mí y no soltarme en esta travesía. Gracias a cada uno por ser mi motivo, mi abrazo y mi impulso para llegar hasta aquí; **Mery**.

Dedico esta tesis a Dios, por su guía constante y por darme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta tan anhelada. A mis padres, Paulina Suárez Huamán y Luis Espinoza Calderón, quienes han sido mi pilar fundamental, por inculcarme valores que han marcado mi vida y por sus esfuerzos y sacrificios que también hacen posible este logro. A mi abuela Lorenza, que, aunque ya no está físicamente, vive en mi corazón y cuyo deseo de verme convertida en profesional hoy se cumple de una manera especial. Y a Brayan RP, por su apoyo incondicional, por motivarme cada día, por creer en mí, por brindarme amor y tranquilidad en esta etapa muy importante. **Lizbeth**.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al MSc. Josué Hernán Inga Ortiz por su valioso respaldo en calidad de asesor de esta tesis.

Del mismo modo, extendemos nuestro reconocimiento a los miembros del jurado de tesis por sus valiosos aportes y sugerencias que enriquecieron la elaboración del presente trabajo.

Agradecemos también a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNDAC, especialmente a la Dra. Edith Luz Zevallos Arias, por su dedicación en nuestra formación académica, transmitiéndonos conocimientos y brindándonos orientación.

Asimismo, manifestamos nuestra gratitud al personal administrativo de la UNDAC por su apoyo en los procesos administrativos y por los consejos brindados a lo largo de estos cinco años de estudio.

RESUMEN

El presente estudio evaluó el desempeño agronómico de tres variedades de apio (*Apium graveolens*) Kelvin, Sebastián y Jiricscha, cultivadas en un sistema hidropónico continuo en Yanahuanca mediante un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, analizando su adaptación, crecimiento y rendimiento. El porcentaje de prendimiento mostró resultados sobresalientes para Kelvin y Sebastián (100 %) y ligeramente menores para Jiricscha (80–100 %). A los 70 días, la altura de planta evidenció diferencias significativas: Kelvin alcanzó 56.25 cm, Sebastián 51.58 cm y Jiricscha 38.30 cm. El número de tallos también varió entre variedades, registrándose promedios de 14.15 en Kelvin, 11.47 en Sebastián y 11.38 en Jiricscha. Respecto al diámetro de tallo, Kelvin obtuvo 2.34 plg, Sebastián 2.16 plg y Jiricscha 1.64 plg, confirmando el mayor vigor estructural de la primera. En términos de rendimiento, el peso de planta a la cosecha fue notablemente superior en Kelvin (448.02 g), seguido por Sebastián (323.13 g) y Jiricscha (192.68 g), demostrando que el genotipo influye directamente en la productividad. El análisis de agua reveló un pH de 8.0, conductividad eléctrica de 454.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, niveles adecuados de calcio (45.36 mg/L), magnesio (32.38 mg/L) y concentración mínima de metales pesados, siendo apta para hidroponía con ajuste previo de pH. En conjunto, los resultados indican que el sistema hidropónico continuo favorece un desarrollo homogéneo, y que Kelvin presenta la mejor adaptación y rendimiento en todas las variables evaluadas. Se concluye que esta variedad es la más recomendable para agricultores que deseen implementar hidroponía en condiciones similares, resaltando la importancia de un adecuado manejo nutricional, control ambiental y selección varietal para optimizar la producción de apio.

Palabras clave: Hidroponía continua, *Apium graveolens*, Rendimiento agronómico, Variedades de apio.

ABSTRACT

This study evaluated the agronomic performance of three celery (*Apium graveolens*) varieties Kelvin, Sebastián, and Jiricsha cultivated in a continuous hydroponic system in Yanahuanca using a Randomized Complete Block Design with three replications. Adaptation, growth, and yield were analyzed. The establishment rate showed outstanding results for Kelvin and Sebastián (100%) and slightly lower rates for Jiricsha (80–100%). At 70 days, plant height showed significant differences: Kelvin reached 56.25 cm, Sebastián 51.58 cm, and Jiricsha 38.30 cm. The number of stems also varied among varieties, with averages of 14.15 for Kelvin, 11.47 for Sebastián, and 11.38 for Jiricsha. Regarding stem diameter, Kelvin measured 2.34 plg, Sebastián 2.16 plg, and Jiricsha 1.64 plg, confirming Kelvin's greater structural vigor. In terms of yield, the plant weight at harvest was significantly higher in Kelvin (448.02 g), followed by Sebastián (323.13 g) and Jiricsha (192.68 g), demonstrating that genotype directly influences productivity. Water analysis revealed a pH of 8.0, an electrical conductivity of 454.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, adequate levels of calcium (45.36 mg/L) and magnesium (32.38 mg/L), and minimal concentration of heavy metals, making it suitable for hydroponics with prior pH adjustment. Overall, the results indicate that the continuous hydroponic system promotes homogeneous development, and that Kelvin exhibits the best adaptation and performance across all evaluated variables. It is concluded that this variety is the most recommended for farmers wishing to implement hydroponics under similar conditions, highlighting the importance of proper nutritional management, environmental control, and varietal selection to optimize celery production.

Keywords: Continuous hydroponics, *Apium graveolens*, Agronomic yield, Celery varieties.

INTRODUCCIÓN

El apio (*Apium graveolens* L.) es una hortaliza de importancia creciente en los sistemas de producción hortícola debido a su elevado valor nutricional, su demanda en mercados frescos y su uso industrial. Este cultivo se caracteriza por su alto contenido de fibra, vitaminas del complejo B, compuestos antioxidantes y minerales esenciales, factores que han impulsado su consumo y su incorporación en dietas saludables a nivel nacional e internacional. En el Perú, su producción se concentra principalmente en zonas de clima templado y con disponibilidad de agua para riego, donde tradicionalmente se emplea el cultivo en suelo. Sin embargo, las limitaciones asociadas al manejo del suelo, la presencia de enfermedades, la variabilidad climática y la baja eficiencia en el uso de recursos hídricos han generado la necesidad de implementar alternativas tecnológicas que permitan optimizar la productividad y garantizar la calidad del producto final.

En este contexto, la hidroponía se ha consolidado como una técnica innovadora y eficiente para el cultivo de hortalizas, al permitir un control preciso de la nutrición, mejorar la eficiencia en el uso del agua y reducir la incidencia de patógenos del suelo. Entre las distintas modalidades, el sistema hidropónico continuo destaca por mantener un flujo permanente de solución nutritiva, asegurando una disponibilidad constante de agua y nutrientes, lo cual favorece el crecimiento uniforme y el desarrollo óptimo de cultivos exigentes como el apio. Esta tecnología es especialmente relevante en regiones altoandinas como Yanahuanca, donde las características del suelo y las condiciones ambientales pueden limitar el rendimiento de los cultivos tradicionales. La implementación de sistemas hidropónicos en estas zonas permite superar las restricciones de la agricultura convencional y representa una alternativa viable para incrementar la producción hortícola de manera sostenible.

El rendimiento del apio depende en gran medida del material genético utilizado, ya que cada variedad presenta características morfofisiológicas diferentes, que influyen en su capacidad de adaptación a sistemas hidropónicos. Variables como el porcentaje de prendimiento, la altura de planta, el número de tallos, el diámetro del tallo y el peso final de la planta son indicadores fundamentales para evaluar el comportamiento de cada variedad. La

identificación de genotipos con mejor desempeño en sistemas hidropónicos contribuye directamente a la optimización de la producción, la reducción de riesgos y el incremento de la rentabilidad para los agricultores.

A pesar de los avances en investigación hortícola, en el Perú existe escasa información sobre el comportamiento de variedades de apio en sistemas hidropónicos continuos, particularmente en zonas altoandinas. Esto genera una brecha tecnológica que dificulta la toma de decisiones y limita la adopción de tecnologías más eficientes por parte de los productores. De ahí surge la necesidad de desarrollar estudios que evalúen la adaptación de diferentes variedades en condiciones controladas, considerando parámetros fisiológicos y productivos que permitan identificar la alternativa más adecuada para los agricultores locales.

El presente estudio tuvo como propósito principal evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de apio Kelvin, Sebastián y Jiricsha bajo un sistema hidropónico continuo, con el fin de determinar su adaptación y rendimiento en condiciones de invernadero en Yanahuanca. A través de un diseño experimental riguroso, se analizaron parámetros clave asociados al crecimiento y producción, y se evaluó la calidad del agua utilizada, asegurando condiciones óptimas para el sistema hidropónico. La investigación busca generar información técnica confiable que contribuya a fortalecer la horticultura local, promover la adopción de sistemas de producción sostenibles y mejorar la competitividad del cultivo de apio en la región.

Asimismo, los resultados de esta tesis tienen relevancia práctica para agricultores, estudiantes y profesionales de la agronomía, ya que permiten comprender las potencialidades y desafíos de la hidroponía continúa aplicada a hortalizas de tallo. La identificación de la variedad con mejor desempeño permitirá orientar futuras inversiones, optimizar el uso de recursos y fortalecer la producción hortícola en zonas altoandinas, contribuyendo al desarrollo agrícola local y a la seguridad alimentaria. En conjunto, la presente investigación constituye un aporte significativo al conocimiento técnico-científico sobre la producción de apio en sistemas hidropónicos y establece bases sólidas para futuras investigaciones y aplicaciones en campo.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	4
1.3.	Formulación del problema.....	6
1.3.1.	Problema general.....	6
1.3.2.	Problemas específicos.....	6
1.4.	Formulación de objetivos	6
1.4.1.	Objetivo general.....	6
1.4.2.	Objetivos específicos.....	6
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	9
2.2.	Bases teóricas - científicas	14

2.2.1. El cultivo de apio	14
2.2.2. Hidroponía.....	18
2.2.3. Ventajas y desventajas de la hidroponía.....	18
2.3. Definición de términos básicos	19
2.4. Formulación de Hipótesis	20
2.4.1. Hipótesis general	20
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	20
2.5. Identificación de variables.....	20
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Nivel de investigación.....	23
3.3. Métodos de investigación	23
3.3.1. Conducción del experimento	23
3.4. Diseño de investigación.....	26
3.4.1. Características del experimento.....	26
3.5. Población y muestra.....	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	29
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	29
3.9. Tratamiento estadístico	30
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	33
--	----

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas	33
4.1.2. Datos meteorológicos	34
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.2.1. Desarrollo vegetativo	37
4.2.2. Rendimiento	46
4.3. Prueba de Hipótesis	48
4.4. Discusión de resultados.....	49
4.4.1. Desarrollo vegetativo	49
4.4.2. Rendimiento	51

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de variables.....	21
Tabla 2. Tratamientos en estudio de apio	31
Tabla 3. Análisis de varianza para un DBCA.....	31
Tabla 4. Análisis de varianza altura de planta a los 70 días	38
Tabla 5. Prueba de Duncan para altura de planta a los 70 días (cm).....	38
Tabla 6. Análisis de varianza para número de hojas o seudo tallos a los 70 días (n°).....	41
Tabla 7. Prueba de Duncan para número de tallo a los 70 días (n°)	41
Tabla 8. Análisis de varianza para diámetro de tallo a la cosecha (pulgadas).....	44
Tabla 9. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a la cosecha (pulgadas).....	44
Tabla 10. Análisis de varianza para peso de planta a la cosecha (g)	46
Tabla 11. Prueba de Duncan para peso de planta a la cosecha (g)	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Croquis del campo experimental	27
Figura 2. Detalles de un tratamiento (vista de planta)	28
Figura 3. Comportamiento térmico e higrométrico dentro del invernadero, sistema hidropónico de apio agosto – noviembre 2025.....	34
Figura 4. Temperatura y humedad relativa externa en Yanahuanca agosto – noviembre 2025	34
Figura 5. Porcentaje de prendimiento de apio en sistema hidropónico continuo (%).....	37
Figura 6. Altura de planta a los 70 días (cm).....	39
Figura 7. Desarrollo de altura de planta hasta los 70 días (cm).....	40
Figura 8. Número de tallo a los 70 días (mm)	42
Figura 9. Número de tallo hasta 70 días (n°).....	43
Figura 10. Diámetro de tallos a la cosecha (plg)	45
Figura 11. Peso de planta a la cosecha (g).....	47

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El distrito de Yanahuanca, ubicado en una zona andina de la región Pasco, presenta una marcada dependencia de las condiciones climáticas para la producción agrícola. Durante el periodo comprendido entre abril y octubre, la disponibilidad de lluvias disminuye progresivamente y se consolida la época de secano, situación que limita la producción continua de hortalizas frescas en sistemas convencionales de campo abierto. Esta estacionalidad afecta de manera directa la oferta local de productos hortícolas, debido a que muchas especies requieren disponibilidad constante de agua, temperaturas adecuadas y manejo agronómico oportuno para expresar su potencial productivo. En consecuencia, durante los meses secos se reduce la presencia de hortalizas frescas en los mercados locales, se incrementa la dependencia de productos procedentes de otras zonas y se debilita la seguridad alimentaria de las familias, especialmente en localidades donde la producción hortícola aún no se encuentra suficientemente tecnificada (SENAMHI, 2015; Lal, 2020).

Dentro de este contexto, el apio (*Apium graveolens* L.) constituye una hortaliza de importancia alimentaria, nutricional y comercial por su consumo en fresco, su uso gastronómico y su aporte de fibra, minerales y compuestos bioactivos. Sin embargo,

en época de secano su disponibilidad puede verse restringida por la menor producción local, la limitada diversificación hortícola y la necesidad de abastecimiento desde mercados externos. Esta situación genera que el cultivo y la comercialización del apio se tornen más costosos para productores y consumidores, debido al incremento de gastos asociados al riego, transporte, manipulación y pérdidas poscosecha. Los reportes oficiales de ingreso y precios del Gran Mercado Mayorista de Lima evidencian que el apio forma parte de los productos hortícolas sujetos a variaciones de ingreso y precio, lo cual confirma la sensibilidad comercial de esta hortaliza frente a los cambios de oferta y abastecimiento (MIDAGRI, 2025; FAO, 2001).

La problemática se acentúa porque en Yanahuanca y en otras zonas andinas la producción agrícola continúa concentrada principalmente en cultivos tradicionales como papa, maíz y otros productos de campaña, mientras que las hortalizas de consumo diario no se producen de manera permanente durante todo el año. Esta baja diversificación productiva ocasiona que, durante el secano, las familias dependan de hortalizas transportadas desde valles o ciudades de mayor producción, lo que eleva el precio final al consumidor y reduce el acceso regular a alimentos frescos. Por ello, la escasez estacional de hortalizas no debe entenderse únicamente como un problema productivo, sino también como un problema económico, alimentario y tecnológico que requiere alternativas de producción intensiva, eficiente y adaptable a espacios reducidos (Lal, 2020; Pomoni et al., 2023).

Frente a esta realidad, la hidroponía se presenta como una alternativa tecnológica viable para producir hortalizas fuera del suelo, con mayor control de agua y nutrientes, menor dependencia de la fertilidad natural del terreno y posibilidad de instalación en áreas pequeñas. En viviendas urbanas y periurbanas, espacios como patios, azoteas, terrazas y traspatios pueden convertirse en unidades productivas familiares o comerciales de pequeña escala, especialmente para hortalizas de hoja y tallo como el apio. La FAO señala que los sistemas hidropónicos permiten cultivar plantas a menor distancia que en campo, incrementando la productividad por área, y

que los pequeños módulos en patios o traspatios pueden contribuir a la disponibilidad diaria de alimentos frescos en el hogar. Asimismo, la agricultura urbana y los huertos en azoteas han sido reconocidos como estrategias para fortalecer la seguridad alimentaria y reducir la dependencia de cadenas largas de abastecimiento (FAO, 2001; Lal, 2020; Su et al., 2020).

El sistema hidropónico continuo adquiere especial importancia en este escenario, porque permite mantener una solución nutritiva en circulación o disponibilidad constante, favoreciendo el suministro regular de agua y nutrientes al cultivo. Esta característica resulta importante durante la época seca, cuando el agua disponible debe utilizarse con mayor eficiencia. A diferencia del cultivo convencional en suelo, la hidroponía puede reducir pérdidas por infiltración, mejorar el control nutricional, disminuir problemas asociados a malezas y enfermedades del suelo, y facilitar la producción en ambientes protegidos. Estudios de revisión señalan que la hidroponía puede mejorar el uso del agua y del espacio, aunque requiere conocimiento técnico, monitoreo permanente e inversión inicial en infraestructura, materiales y solución nutritiva (Pomoni et al., 2023; FAO, 2001).

No obstante, uno de los principales obstáculos para la adopción de la hidroponía es el costo inicial de instalación, debido a la necesidad de estructuras, tuberías, recipientes, bombas, nutrientes, sistema de recirculación y capacitación técnica. A pesar de ello, la inversión puede ser rentable cuando el sistema se maneja adecuadamente, se seleccionan variedades adaptadas, se logra producción continua y existe demanda local por hortalizas frescas. Investigaciones sobre hidroponía a escala familiar indican que, aunque la inversión inicial puede ser relativamente alta, la rentabilidad puede ser adecuada si se mantiene la producción y se amplía progresivamente la capacidad del sistema. De igual manera, estudios en azoteas hidropónicas muestran que la producción de hortalizas puede recuperar la inversión en periodos razonables y generar ingresos comparables a actividades económicas urbanas cuando se optimiza el uso del espacio (Kholis et al., 2022; Su et al., 2020).

En el caso específico del apio, el problema científico radica en que no se cuenta con suficiente información local sobre el comportamiento productivo de diferentes variedades bajo sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en Yanahuanca. No todas las variedades responden de la misma manera al ambiente de cultivo, a la solución nutritiva, a la temperatura, a la humedad relativa ni al sistema de conducción. Por ello, variables como porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de tallos, diámetro de tallo y peso fresco a la cosecha resultan necesarias para determinar qué material vegetal presenta mejor adaptación y mayor rendimiento. Esta información es indispensable para que productores, familias y emprendedores puedan tomar decisiones técnicas antes de instalar módulos hidropónicos en azoteas, patios o espacios reducidos (Pomoni et al., 2023; Su et al., 2020).

Por tanto, la presente investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento agronómico local que permita enfrentar la escasez de hortalizas durante la época de secano, reducir la dependencia de mercados externos, mejorar el acceso a apio fresco y promover el uso productivo de espacios domésticos como patios y azoteas. En ese sentido, evaluar el rendimiento de tres variedades de apio bajo sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero permitirá identificar la variedad con mejor desempeño, sustentar técnicamente la adopción de esta tecnología y demostrar que la hidroponía puede constituir una alternativa rentable, sostenible y aplicable a la realidad de Yanahuanca, incluso cuando su implementación demande una inversión inicial elevada.

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial: La presente investigación se desarrolló en el distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco, específicamente en condiciones de invernadero de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, filial Yanahuanca. Este espacio fue seleccionado por reunir las condiciones necesarias para la instalación y manejo del sistema hidropónico

continuo, permitiendo evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de apio en un ambiente controlado. La delimitación espacial comprende, por tanto, el área experimental donde se condujo el cultivo bajo hidroponía, sin extenderse a otras localidades, sistemas de producción ni condiciones de campo abierto.

Delimitación temporal: La investigación se ejecutó durante un periodo de seis meses, comprendido desde la instalación del experimento hasta la cosecha del cultivo. Dentro de este periodo se incluyeron las fases de preparación del sistema hidropónico, establecimiento del almácigo, trasplante, manejo agronómico, evaluaciones periódicas y cosecha final. Las mediciones del comportamiento vegetativo de las plantas se realizaron cada 10 días después del trasplante, permitiendo observar la evolución del cultivo hasta los 70 días, además de evaluar el rendimiento al momento de la cosecha. En consecuencia, los resultados obtenidos corresponden exclusivamente al periodo de ejecución del experimento y a las condiciones presentes durante dicho intervalo.

Delimitación social: La investigación se orientó principalmente al ámbito académico y productivo local, considerando como población de referencia a los estudiantes, docentes, investigadores y productores agrícolas del distrito de Yanahuanca y zonas con características similares, quienes podrían beneficiarse de los resultados obtenidos. Desde el punto de vista aplicado, el estudio busca generar información técnica útil para agricultores interesados en diversificar su producción mediante el cultivo hidropónico de apio, así como para instituciones de formación agronómica que promuevan tecnologías sostenibles de producción hortícola. No obstante, el estudio no abarcó de manera directa el análisis socioeconómico de los productores ni la validación del sistema en unidades productivas comerciales, por lo que su alcance social se circunscribe a la generación de conocimiento técnico con potencial de aplicación local.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) presentará mejor rendimiento bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el distrito de Yanahuanca – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál será el desarrollo vegetativo (% de prendimiento, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero?

¿Cómo varían los parámetros de rendimiento (peso de planta a la cosecha) de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca – Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el desarrollo vegetativo (% de prendimiento, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero.
- Evaluar los parámetros de rendimiento (peso de planta a la cosecha) de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero.

1.5. Justificación de la investigación

El distrito de Yanahuanca presenta características climáticas y edafológicas que limitan el desarrollo de cultivos tradicionales, lo que hace necesario implementar

tecnologías alternativas como la hidroponía. Este sistema permite optimizar el uso de recursos hídricos y nutritivos, esenciales en una región donde el acceso al agua y la fertilidad del suelo pueden ser limitados. Desafortunadamente los agricultores de la zona no tienen suficiente información ni conocimientos técnicos para aprovechar al máximo esta oportunidad. Al ejecutar este proyecto y compartir técnicas avanzadas como la hidroponía, podemos transformar la agricultura local, haciéndola más eficiente e impulsando la economía. La investigación ampliará el conocimiento sobre la adaptabilidad de diferentes variedades de apio a sistemas no convencionales de producción. Asimismo, promueve una agricultura más sostenible, reduciendo el impacto ambiental asociado al uso excesivo de agroquímicos y la degradación de suelos.

Los resultados del estudio servirán como referencia para la implementación de cultivos hidropónicos en otras regiones con características similares. Además, impulsarán la capacitación de los agricultores locales en técnicas modernas, mejorando la calidad de sus prácticas agrícolas.

Por tal motivo, se planteó este proyecto de investigación titulado “Rendimiento de tres variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca-Pasco”.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la presente investigación se presentaron algunas limitaciones que condicionaron el alcance del estudio, aunque no invalidaron los resultados obtenidos. Entre ellas, destacó la escasa disponibilidad de antecedentes específicos sobre el comportamiento de variedades de apio en sistemas hidropónicos continuos bajo condiciones altoandinas, lo que restringió la contratación directa de los hallazgos con estudios realizados en contextos similares. Asimismo, la implementación del sistema hidropónico demandó una inversión económica considerable en infraestructura, materiales, equipos y manejo técnico, constituyéndose en una limitación importante para la ejecución del experimento. De

igual manera, la ubicación geográfica de Yanahuanca y las condiciones propias del entorno representaron restricciones logísticas para el acceso oportuno a insumos, materiales especializados y asistencia técnica. También debe considerarse que los resultados corresponden a un solo ciclo de cultivo y a condiciones controladas de invernadero, por lo que su extrapolación a otros ambientes o sistemas productivos debe realizarse con precaución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la localidad de Yanahuanca no se han desarrollado investigaciones sobre la producción de apio en sistema hidropónico; no obstante, en otras regiones sí se han realizado estudios relacionados con esta temática.

Choque (2021), en su trabajo de investigación “Evaluación de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en tres densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el centro experimental de Cota Cota - La Paz. para el experimento se empleó un diseño de bloques azar (DBA), durante el ciclo de cultivo se realizaron mediciones de las variables, en altura de la planta, número de pencas, diámetro de la penca y peso sin raíz de la planta a la cosecha, rendimiento y calidad del cultivo. Llegando a los resultados que la variedad Tall utah 52-70 resulto la más óptima con respecto a la variedad Golden self.

Carrillo (2015), en su trabajo de investigación “Comportamiento agronómico de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en sistema hidropónico de raíces flotantes bajo diferentes dosis de solución nutritiva” fue realizado en el Asilo San Ramón de la provincia Murillo del departamento de La Paz. El diseño empleado en el trabajo de investigación fue un el diseño experimental de bloques al azar (DBA) con arreglo bi-factorial. El análisis de varianza realizado revelo que, en términos del

número de pencas, la variedad "Tall Utha 52 – 70" fue la que demostró los mejores resultados, con una media de 14 pencas por planta.

Surec (2017), con el objetivo de Evaluar tres densidades de siembra del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.) variedad Triumph y dos arreglos espaciales en condiciones hidropónicas en los recintos centrales de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, el diseño estadístico empleado fue el completamente al azar, en arreglo factorial (3 x 2), con 6 tratamientos y 4 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales de 1 metro cuadrado cada una. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de macolla, número de tallos, diámetro de tallos, peso fresco de macolla, peso fresco de raíz, peso seco de macolla y peso seco de raíz. Los mejores resultados en cada una de las variables estuvieron sujetos a la densidad de 25 plantas por metro cuadrado, independientemente del arreglo espacial al que fueron establecidas.

Calle (2023), en su trabajo de investigación. Evaluación de la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) Bajo diferentes tiempos de corte en El sistema hidropónico NFT en el centro experimental de Cota Cota – la paz. se optó por usar un diseño de bloques al azar (DBA), se realizaron mediciones de las variables de respuesta: altura de planta, número de pencas diámetro de la penca, peso de la planta a la cosecha, rendimiento y calidad del cultivo. Obteniendo los resultados que la variedad Golden self son los que más desarrollaron en altura de planta con respecto a la variedad Tall Utah 52-70.

Molina (2017), en su trabajo de investigación, efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de apio (*Apium graveolens*) sembrada en condiciones hidropónicas en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2 variedades y 4 tratamientos. Para analizar las medias se utilizó la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS). Dando como resultado que la variedad de apio Mambo alcanzó mejores resultados al momento de medir las variables presentando un rendimiento 177,91 g, más que la variedad Andino.

Mientras tanto la solución nutritiva A, presentó el mejor rendimiento con una diferencia de 240,54 g, más que las demás soluciones nutritivas.

Cusi (2020), en su trabajo de investigación efecto de tres niveles de biol en el comportamiento productivo de dos variedades de apio (*Apium graveolens*) bajo ambiente protegido, en el centro experimental de cota cota, se estudió 8 tratamientos, con un diseño de bloques al azar, con arreglo bi factorial con tres repeticiones. Se evaluaron las variables de respuesta de altura de la planta, diámetro del cuello de la raíz, número de pencas, rendimiento en materia verde y el estudio del beneficio costo. En los análisis de varianza, obteniendo como resultado que el uso de biol influyó significativamente en el rendimiento en materia verde del apio, siendo los tratamientos T7 y T3 los más rentables económicamente (beneficio-costos > 1). El tratamiento T4 fue económicamente desfavorable. Por tanto, se concluye que la aplicación de biol en niveles adecuados mejora la productividad y rentabilidad del cultivo de apio bajo ambiente protegido.

Pozo (2018), se centra en la producción hidropónica de apio (*Apium graveolens*) y lechuga (*Lactuca sativa*) mediante la inyección de micronanoburbujas (MNB) en el riego. Este estudio se llevó a cabo en Lima, Perú, dentro de las instalaciones del Centro de Hidroponía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y tuvo como objetivo principal evaluar el uso de un generador de micronanoburbujas acoplado a un sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente), comparándolo con un sistema NFT convencional. El diseño experimental fue completamente al azar, y las medias se evaluaron utilizando la prueba múltiple de Tukey. Los resultados obtenidos indicaron que el uso de micronanoburbujas disminuyó el ciclo vegetativo de la lechuga en 13 días y del apio en 6 días, en comparación con el sistema NFT convencional. En conclusión, de Pozo sugiere que, aunque la tecnología de micronanoburbujas puede acelerar el ciclo vegetativo de los cultivos, su impacto en el peso fresco y peso seco del apio no fue significativo en las condiciones estudiadas, para lo cual nos sugiere que en futuras

investigaciones se tome en cuenta que para el cultivo de apio es recomendable utilizar canales de cuatro pulgadas en el sistema NFT. Esto permitirá que las raíces del apio puedan desarrollarse de manera óptima y que la solución nutritiva fluya adecuadamente a través de los canales.

Navarro (2024), se centra en evaluar el efecto de diferentes aplicaciones de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento del apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico de raíz flotante, específicamente en la región de Huacho, Lima. Esta investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Humaya en Huacho, utilizando un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos distintos. El estudio de Navarro se orientó a evaluar varios parámetros agronómicos, incluyendo la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, el peso fresco y el rendimiento del apio. Para el análisis de los datos, se aplicó la prueba de Tukey al 5% con el fin de comparar las medias de los tratamientos. Los resultados obtenidos indicaron diferencias significativas en la altura y el diámetro de las plantas, destacando los tratamientos T3 (58,3 cm y 6,68 cm) y T2 (56,2 cm y 6,43 cm) con los mayores valores. En cuanto al número de hojas, los tratamientos T2 (41,2 hojas), T3 (41,1 hojas) y T1 (40,4 hojas) presentaron los mejores resultados, en relación con los componentes del rendimiento del apio, se observó una significancia estadística entre los tratamientos, siendo el tratamiento T3 el que mostró un mayor peso fresco por planta (685,97 g planta⁻¹) y un rendimiento superior (68,60 t ha⁻¹), superando estadísticamente a los demás tratamientos.

Quispe, (2020), en su trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Departamento de Ayacucho. El objetivo fue evaluar el efecto de niveles de gallinaza (3t.ha⁻¹, 6 t.ha⁻¹, 9 t.ha⁻¹) adicionando un testigo sin abonamiento y un tratamiento con fertilización química en la dosis de 130-50-200 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O en dos variedades de apio (Golden self blanching y Perseo) y realizar el análisis económico de los tratamientos. El diseño del experimento

obedece a un arreglo factorial $2V*5N$, con 10 tratamientos y 4 repeticiones haciendo un total de 40 unidades experimentales. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey. Los caracteres evaluados fueron la altura de planta, diámetro de la base del peciolo, rendimiento de la producción y el análisis económico de cada tratamiento. El mayor rendimiento de apio se obtuvo con 9 t.ha-1 de gallinaza en la variedad Perseo con 114.07 t.ha-1, mientras que con la variedad Golden self blanching se obtuvo 96.87 ha.

Maicua (2021), en su trabajo de investigación realizada en el Sistema Acuapónico en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, Región Ucayali, se comparó la producción de apio (*Apium graveolens*) en sistemas acuapónicos y convencionales. Utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos y cuatro repeticiones, se evaluaron ocho unidades experimentales, obteniendo como resultados que el sistema acuapónico superó al convencional en varios aspectos clave: altura de las plantas, diámetro del tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea. No obstante, no hubo diferencias significativas en el número de tallos entre ambos sistemas. Económicamente, el sistema acuapónico también demostró ser más rentable, ofreciendo un mayor costo-beneficio.

Además, el sistema acuapónico produjo alimentos de alta calidad, orgánicos y de buen sabor, mientras que proporcionaba proteína animal y biomasa vegetal, lo que es crucial para la seguridad alimentaria y el bienestar socioeconómico. En conclusión, la acuaponía se destacó como una tecnología más eficiente, rentable y sostenible frente a la agricultura convencional, finalmente, se sugirió que futuras investigaciones exploren la producción de apio utilizando efluentes de diferentes especies de peces y estudien el impacto de la densidad de peces en el crecimiento de hortalizas y la adaptabilidad de otras especies vegetales en sistemas acuapónicos.

Santos (2019), en su trabajo de investigación que se realizó en la localidad de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión, región Pasco. Los objetivos de la

investigación fueron: Evaluar el efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca, El diseño estadístico utilizado fue de Bloques Completos al Azar, en arreglo factorial de 2x3, con tres repeticiones, La variedad Gian Pacal + Aminofol tuvo el mayor rendimiento con 63.23 t/ha de peso fresco, superando al promedio nacional. En cuanto a las características agronómicas el porcentaje de prendimiento no fue significativo con 80 a 100% en todos los tratamientos, la mayor altura de planta a los 60 días lo tuvo la variedad Gian Pascal con 27.88 cm y no hubo efecto de los Inductores de Crecimiento. A la cosecha la mayor altura de planta lo alcanzó la variedad Gian Pascal + Biozyme con 0.61 m, para el diámetro de planta la variedad Gian Pascal + biozyme alcanzó 6.43 cm, sin embargo la variedad Gian Pascal + Aminofol obtuvo el mayor peso fresco por planta con 1.12 kg.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. El cultivo de apio

A. Importancia del cultivo de apio

El apio (*Apium graveolens*) es una planta conocida por su considerable valor económico y nutricional. Sus hojas y tallos son comestibles y se caracterizan por ser una excelente fuente de fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales. Además, es reconocido por su efecto diurético, gracias a su alto contenido de agua. (INTAGRI, 2015)

Contiene minerales como hierro, zinc y magnesio, así como vitaminas de los complejos A, B, C y E. En la industria alimentaria, se utiliza el polvo deshidratado de apio para la elaboración de sopas y también para extraer aceites esenciales. (Gomes & Rincon, 2015).

B. Origen y distribución

El apio tiene sus orígenes en el Mediterráneo, aunque también se han identificado centros secundarios de origen en el Cáucaso y la región del Himalaya. Esta planta era conocida desde tiempos antiguos en el antiguo

Egipto, y su cultivo como hortaliza se desarrolló significativamente durante la Edad Media. Hoy en día, el apio es consumido extensamente en Europa y América del Norte (Info agro, 2005).

C. Características morfológicas

El sistema de raíces del apio es vertical, pivotante y fibroso, con muchas raíces laterales adaptadas para la absorción de nutrientes. Estas raíces secundarias se propagan a cortas distancias, lo que simplifica el trasplante de las plantas a distancias más cercanas entre sí. Se recomienda idealmente un espaciamiento de 15 a 20 cm entre cada planta durante el trasplante.

Los tallos son herbáceos y pueden alcanzar alturas que oscilan entre los 30 y los 80 cm (Equipo Editorial INTAGRI, 2015).

La hoja o penca se distingue por tener hojas grandes y erguidas de color verde intenso que crecen muy cerca unas de otras en forma de roseta. Sus largos pecíolos tienen fisuras o canales a lo largo. Las hojas son compuestas o pinnadas, con pocos folíolos en forma de cuña y bordes aserrados. Tienen una textura ligeramente arrugada y un color verde intenso. Cuando las plantas son pequeñas, las hojas pueden parecerse a las del cilantro o el perejil, pero se diferencian por su textura y olor característicos (Gomes, sebastian & Rincon, Hernan, 2015).

Los tallos de las flores maduran en dos años, las flores son púrpuras o blancas. Citado por (Maicua, 2021).

Lopez, (2007). Menciona que los frutos, en diaquenio, son equiparados a semillas, son de color marrón y forma triangular, aplastados por una cara y curvados por la opuesta. Además, están recorridos por dos nervios resiníferos que contienen aceites esenciales, cuyo aroma lo impregna y que se extiende por toda la planta (Acero, 2023).

D. Variedades usadas en el experimento

Kelvin: Variedad de tipo verde. Es una selección de la línea Utam. Su color verde es menos intenso que el de las anteriores. Las plantas son más pesadas y su corazón mejor formado. Su ciclo es semi tardío. Resiste bien el transporte.

Sebastián: Variedad de hojas de color verde que también debe blanquearse artificialmente si se va a emplear como apio dorado. Planta un poco menor que la anterior y que los tipos dorados. Calidad excelente en cuanto a fibrosidad. Matas muy pesadas y de muy buena calidad para el transporte.

Jiricsha: Mata de porte alto. Hojas de color verde oscuro. Pencas redondeadas.

E. Clima y suelo

La temperatura óptima para la germinación de la semilla es de 21° C., siendo 5° C. la temperatura mínima a la que empieza el proceso y 30° C. la máxima para que éste continúe. Para una buena nacencia se requieren temperaturas altas y diferencias de las mismas entre el día y la noche de unos 8 ó 10° C. La temperatura más conveniente para el desarrollo del apio oscila entre los 15 y los 21 ° C. Si la planta es pequeña y se presenta un período prolongado de bajas temperaturas comprendidas entre 4 y 10° (Vaya, 1980).

Suelo: Por lo general se requiere de suelos profundos, francos, bien drenados, ricos en materia orgánica, algunas variedades se desarrollan mejor en suelos arcillosos (Carrillo, 2015).

El pH óptimo del suelo es de 5.8; en los suelos orgánicos es superior a 5.5 y en los suelos más mineralizados es de 6.5, aunque el apio es poco tolerante a la acidez del suelo, y se sitúa en el intervalo de pH de 6 – 6.8, considerándose como una planta sensible a la salinidad (Carrillo, 2015).

F. Manejo del cultivo de apio

Almácigo: La semilla de apio es de un tamaño extremadamente pequeño; tarda unos quince-veinte días en germinar y, además, lo hace de una manera escalonada y caprichosa (Vaya Soler, 1980).

Abonado: Un mes antes de la plantación o trasplante y con la labor de desfonde, se realizará el abonado de fondo a base de:

Sulfato amónico del 21 por 100 300 kg /ha.

Superfosfato de cal del 16 por 100 400 kg/ha.

Sulfato de potasa de 148 por 100 300 kg/ha.

Se puede utilizar abono complejo 4-8-12-0,28, a razón de 900-1.200 kilos por hectárea, en lugar de los abonos simples indicados. (Vayá, 2018).

Preparación del suelo: Es conveniente hacer un buen desfonde. Antes de la plantación, la tierra debe quedar lo más fina posible. El terreno puede prepararse en eras y caballones o filas. Con el terreno en eras todas las labores de preparación pueden efectuarse con tractor. El terreno deberá quedar uniformemente surcado cada 40 centímetros. Las plantas deben estar relativamente juntas, ya que esto permite el blanqueo sin aporcado (Vayá, 2018).

Plantación: Las plántulas de apio que se vayan a trasplantar deben ser uniformes, especialmente en lo relativo a su grosor, es normal que las plantas pequeñas intercaladas entre las más fuertes no se desarrollen y terminen muriendo, según la fecha de siembra, la del trasplante será agosto o setiembre. Para que la plantación se haga con mayores posibilidades de éxito, es conveniente regar los semilleros antes de arrancar las plantas. Después se sacan éstas con la tierra adherida a sus raíces. Para evitar desecaciones conviene realizar esta operación en días con cielo cubierto. Después de la plantación, debe darse un riego (Gomes, sebastian & Rincon, Hernan, 2015).

G. Plagas y enfermedades

En los sistemas hidropónicos bien manejados, la presencia de plagas, enfermedades y malezas suele ser menor que en el cultivo en suelo, debido a que las plantas no están en contacto directo con patógenos edáficos; sin embargo, no se eliminan totalmente los riesgos fitosanitarios, por lo que es necesario mantener limpieza, ventilación, control de humedad y monitoreo de la solución nutritiva (Rajaseger et al., 2023).

2.2.2. Hidroponía

La característica más importante de la técnica hidropónica es que en ninguna de las etapas de crecimiento se requiere del suelo como soporte o fuente de nutrimentos del cultivo; la planta toma los nutrimentos directamente del agua, donde se encuentran disueltos. La principal ventaja del sistema es que puede adaptarse a cualquier espacio, condición climática y economía. (Celis Quijano *et al.*, 2013).

2.2.3. Ventajas y desventajas de la hidroponía

Ventajas: No depende de fenómenos meteorológicos, permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo. Rinde varias cosechas al año, presenta buen drenaje, mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos, mantiene la humedad uniforme y controlada, ahorra en el consumo de agua, Facilita el control de pH., Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante, admite mayor densidad de población, logra productos de mayor calidad, rinde más por unidad de superficie, acorta el tiempo para la cosecha, reduce los costos de producción, facilita la limpieza e higiene de las instalaciones, utiliza materiales nativos y de desecho, no requiere mano de obra calificada, reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión, elimina el gasto de maquinaria agrícola, recupera la inversión con rapidez.

Desventajas: En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran y de química inorgánica, inversión inicial relativamente alta, requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales (López Elías, 2018b).

2.3. Definición de términos básicos

- **Hidroponía:** El término hidroponía se deriva del griego hydro = agua y ponos = trabajo o actividad, es decir, 'trabajo del agua' o 'actividad del agua' También se conoce como cultivo sin suelo, nutricultura, quimio cultura, cultivo artificial o agricultura sin suelo (Aquino, 2014).
- **Apio:** Pertenece botánicamente a la familia de las Umbelíferas. Es una planta bianual, que se encuentra de forma espontánea en nuestras regiones mediterráneas. Existen dos clases de apio cultivado, el apio acostillado o de pencas (*Apium graveolens*, var. dulce), único del que hablaremos en lo sucesivo, y el apio rábano (*Apium graveolens* var. *rapaceum*), cuya raíz engruesa extraordinariamente formando una masa redondeada y carnosa que es la que se consume (Vaya, 1980).
- **Evaluación:** Estimar, apreciar, calcular el valor de algo (Real Academia Española, 2019).
- **Agua:** Beltran y Giménez (2015). Mencionan que el agua es uno de los componentes de mayor porcentaje en la planta, representando entre 60% y 90% del peso fresco, dependiendo del tejido que se considere, esta cumple funciones de sostén, permite el crecimiento de las células, facilita el enfriamiento de las hojas, es el medio para el traslado de nutrientes por la xilema y de fotosíntesis Citado por (Barbado, 2005).
- **Producción:** Es una cantidad de producto primario, que se obtiene mediante el uso de recursos como tierra, mano de obra y tecnología, a través de la siembra de cultivos en el período de referencia (Márquez Dávila et al., 2021).
- **Plántula:** Planta joven que se desarrolla a partir de la semilla en germinación. (Márquez Dávila et al., 2021).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) presenta diferencia significativa en el rendimiento bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca– Pasco.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Al menos una de las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) presenta mejor desarrollo vegetativo (% de prendimiento, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) frente a las demás variedades bajo el sistema hidropónico continuo.
- Las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) presenta diferentes parámetros de rendimiento (peso de planta a la cosecha) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente

Sistema hidropónico continuo.

Variable dependiente

- Tres variedades de apio (*Apium graveolens*)
- Desarrollo vegetativo
- Parámetros de rendimiento.

Variable interviniente

Condiciones ambientales de invernadero.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Operacionalización de variables

Hipótesis / Objetivo específico	Variable	Dimensión	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala / Unidad	Técnica	Instrumento
Al menos una de las tres variedades de apio presenta mejor desarrollo vegetativo bajo el sistema hidropónico continuo.	Variable independiente: Variedad de apio (<i>Apium graveolens</i>)	Genotipo evaluado	Material vegetal con características morfológicas y productivas propias que puede responder de manera diferente al ambiente de cultivo.	Se evaluaron tres variedades comerciales de apio cultivadas en sistema hidropónico continuo: Kelvin, Sebastián y Jiricsha.	Kelvin, Sebastián, Jiricsha	Cualitativa nominal	Observación experimental	Registro de tratamientos
Evaluar el desarrollo vegetativo de las tres variedades de apio bajo el sistema hidropónico continuo.	Variable dependiente 1: Desarrollo vegetativo	Prendimiento	Capacidad de las plántulas para establecerse satisfactoriamente después del trasplante.	Número de plantas sobrevivientes a los 10 días después del trasplante respecto al total instalado por tratamiento.	Porcentaje de prendimiento	%	Observación directa y conteo	Libreta de campo
		Crecimiento en altura	Incremento longitudinal de la planta durante su desarrollo.	Medición desde la base del cuello hasta el ápice de la planta, cada 10 días hasta los 70 días después del trasplante.	Altura de planta	cm	Medición directa	Cinta métrica

Hipótesis / Objetivo específico	Variable	Dimensión	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala / Unidad	Técnica	Instrumento
Evaluar los parámetros de rendimiento de las tres variedades de apio bajo el sistema hidropónico continuo.	Variable dependiente 2: Rendimiento	Emisión de tallos o peciolos	Formación de estructuras vegetativas comestibles por planta.	Conteo del número de tallos o peciolos con desarrollo visible por cada planta evaluada.	Número de tallos o peciolos	n.º	Observación directa y conteo	Libreta de campo
		Vigor estructural	Grosor del tallo en la base de la planta como expresión del desarrollo vegetativo.	Medición del diámetro del tallo en la parte inferior de la planta al momento de la cosecha.	Diámetro de tallo	cm	Medición directa	Vernier
		Producción por planta	Cantidad de biomasa fresca comercial producida por cada planta al final del ciclo.	Pesaje de la parte aérea comercial de la planta al momento de la cosecha.	Peso fresco de planta a la cosecha	g/planta	Pesaje	Balanza electrónica o analítica
Controlar las condiciones del experimento para reducir sesgos en la respuesta de las variedades.	Variable interviniente: Condiciones ambientales de invernadero	Ambiente de cultivo	Factores físicos del invernadero que pueden influir en el crecimiento y rendimiento del apio.	Se consideraron las condiciones de temperatura, humedad relativa, manejo del agua y recirculación de la solución en el sistema hidropónico continuo.	Temperatura, humedad relativa, manejo del sistema	°C, %, registro de manejo	Observación y registro	Termómetro, registros de campo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y experimental, ya que se emplearon diversos instrumentos para evaluar el efecto del sistema hidropónico continuo en la producción de apio, además de basarse en conocimientos previamente establecidos.

3.2. Nivel de investigación

La investigación se desarrolló a un nivel explicativo, con el propósito de analizar la influencia del sistema hidropónico continuo en la producción de apio bajo condiciones de invernadero.

3.3. Métodos de investigación

Para este estudio se empleó el método científico, realizando observaciones, recopilando información y analizando los datos obtenidos.

3.3.1. Conducción del experimento

- a. Instalación del sistema hidropónico continuo:** La instalación se realizó dentro del invernadero de la Escuela de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Filial Yanahuanca.

Para la construcción del sistema hidropónico se utilizó los siguientes materiales.

- Un bidón de plástico de 70 litros.
- Electrobomba de media
- 9 unidades de tubos de PVC de 4".
- Pegamento
- 2 reductores de 1 a $\frac{3}{4}$
- 40 metros de cable de 14
- Timer digital
- Contactor de 10 amperios
- 2 metros de micro tubos
- Soporte metálico
- 1 llave de paso de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- Taladro
- Cinta teflón
- 1 metro de manguera de media

Se empezó instalando 9 canales de cultivo de 3.50 m de largo, con 20 agujeros en cada tubo haciendo un total de 180 agujeros, la distancia entre agujeros es de 5 cm y el espacio entre canales también de 5 cm. Los canales de cultivo están apoyados sobre una estructura metálica de 95 cm de alto, esto facilita la circulación del agua, la cual es recolectada y almacenada en un bidón de 70 litros. El sistema hidropónico continuo consta de un módulo de 3.50 m. de largo, 1.20 m. de ancho y 95 cm. de alto, con 9 canales de tubos de 4 pulgadas con 20 agujeros de 8 cm de diámetro en cada canal y una bomba impulsadora.

- b. Sistema de control:** Para ajustar el sistema de control, se determinó la cantidad necesaria de agua para el cultivo de apio con un funcionamiento continuo desde el trasplante hasta la cosecha. Se estableció un programa que incluye riegos de cada hora durante diez minutos desde las 8:00 am hasta las 7:50pm, todos los días.

c. **Análisis de agua:** El análisis del agua en la hidroponía es crucial para asegurar que los nutrientes necesarios estén presentes en los niveles adecuados para el desarrollo óptimo de las plantas. Se tomó una muestra y se llevó al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA Huancayo, donde analizó lo siguiente: pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, Concentración de nutrientes calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, potasio, níquel, plomo, zinc, observar la sección anexo.

El análisis de agua presentado en el anexo muestra valores que permiten determinar si el recurso es adecuado para el cultivo de apio en un sistema hidropónico, y en general los resultados indican que sí es apta, aunque con algunos aspectos a considerar. El pH de 8.0 se encuentra ligeramente por encima del rango óptimo para hidroponía (5.5–6.5), por lo que es necesario ajustarlo para asegurar una correcta disponibilidad de nutrientes. La conductividad eléctrica (454.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) es baja y adecuada, lo que indica que el agua tiene escasa salinidad y no representa riesgo de acumulación de sales en el sistema. La concentración de calcio (45.36 mg/L) y magnesio (32.38 mg/L) se encuentran dentro de niveles aceptables y aportan a la dureza moderada del agua, lo cual no interfiere con la formulación de soluciones nutritivas. Asimismo, los niveles de sodio, potasio, manganeso, hierro, cobre, níquel, plomo, cadmio y arsénico son extremadamente bajos o no detectables, lo cual es positivo, ya que evita toxicidades que podrían afectar al cultivo. La presencia de bicarbonatos (28.57 meq/L) y alcalinidad moderada puede influir en el aumento del pH, pero es manejable mediante acidificación controlada. En conjunto, el agua es apta para la producción de apio hidropónico, siempre que se realice corrección de pH antes de preparar la solución nutritiva.

- d. Obtención de plántulas:** Las plántulas utilizadas fueron obtenidas del vivero Viva Verde (Huánuco). Se seleccionaron las más sanas y vigorosas de cada variedad, tenían entre 6 y 8 cm de altura y presentaban de tres a cuatro hojas verdaderas, características que nos aseguraron que estaban listas para ser establecidas en el sistema hidropónico.
- e. Trasplante al sistema hidropónico:** Las plántulas de apio se colocaron en las canastillas hidropónicas de 8 cm adecuadas para este cultivo junto con una esponja para mantener la humedad en la raíz , después se colocaron en los orificios del canal de cultivo. Una vez completado el trasplante se procedió a llenar el tacho del sistema con 60 litros de agua, a los cuales se añadieron 300 ml de cada una de las soluciones nutritivas (A, B y C). Finalmente, prendimos el timer para activar la bomba, permitiendo la succión y recirculación de la solución nutritiva cada hora durante un periodo de 10 minutos

3.4. Diseño de investigación

Se empleó un Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con 3 variedades y 3 repeticiones. Se realizó el Análisis de Varianza y para la comparación de medias se empleó la prueba de Duncan.

3.4.1. Características del experimento

a. Área total del experimento

- Largo: 3.50m
- Ancho: 1.20m
- Área total experimental: 4.20m²

b. Bloques (repeticiones)

- Número de repeticiones: 3 repeticiones por bloque
- Largo de repetición: 3.50m.

- Ancho de repetición: 1.20m
- Cuantos tubos: 9 tubos de 4"
- Número de bloques: 3
- Largo de bloques: 3.50m
- Ancho de bloque: 32cm
- Filas de plantas: 3 filas por bloque con 60 plantas por cada una
- Distanciamiento entre bloque: 5 cm

Figura 1. Croquis del campo experimental

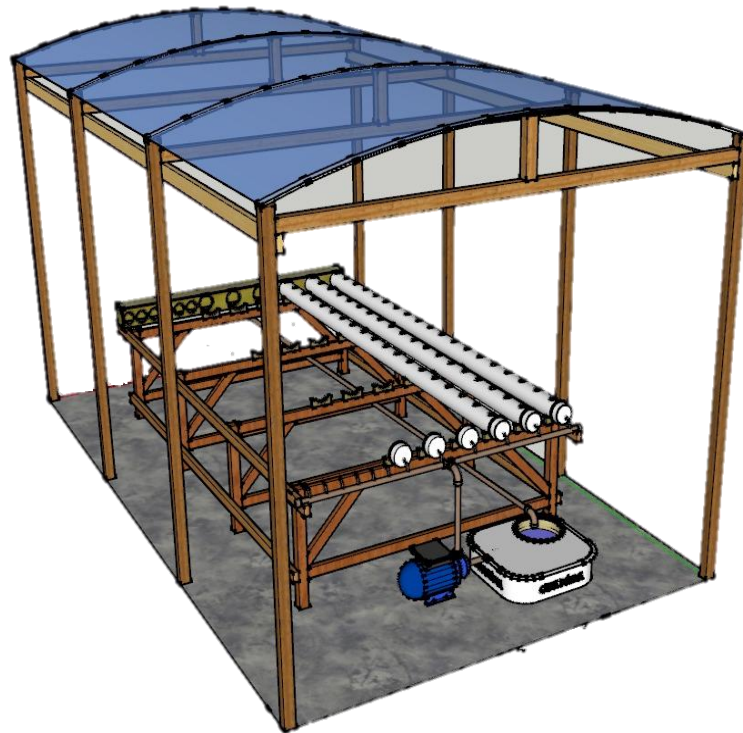
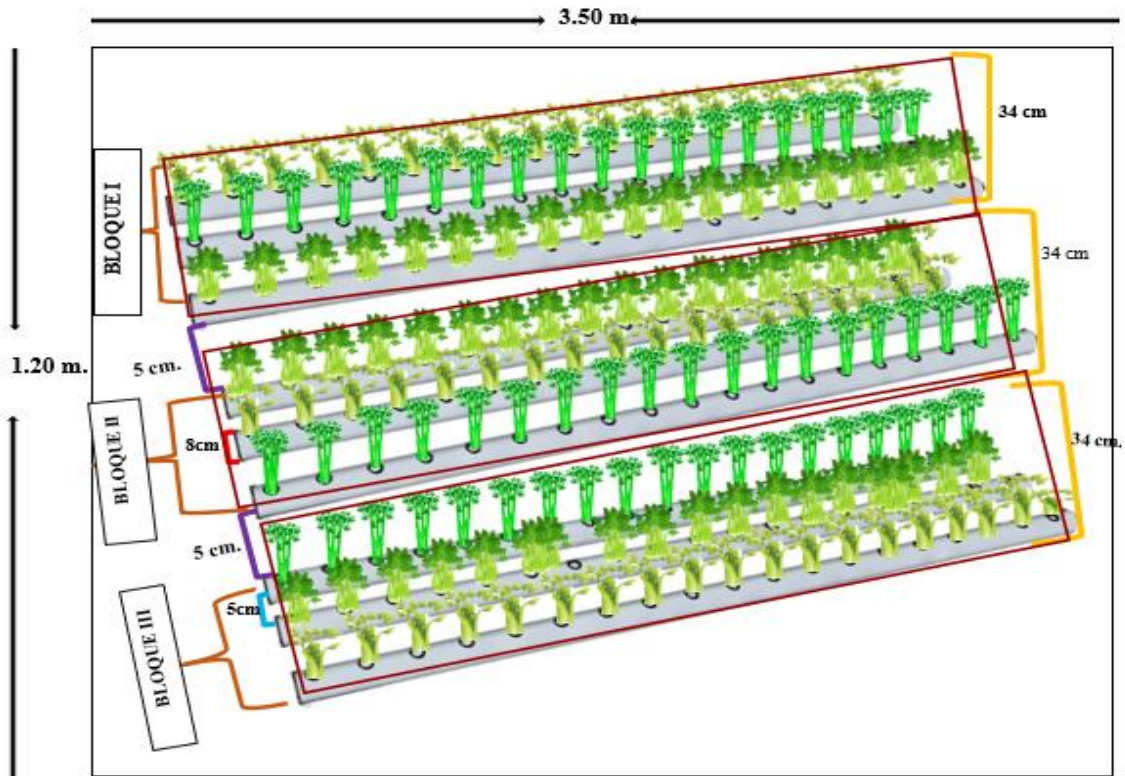


Figura 2. Detalles de un tratamiento (vista de planta)



3.5. Población y muestra

Población

La población de plántulas del cultivo de apio fue 180 plantas y 20 plantas por cada una de las variedades.

Muestra

Se tomó como muestra las 20 plantas por parcela donado un total de 180 plantas, es decir se trabajó con toda la población.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación, la técnica principal de recolección de datos fue la observación experimental directa y sistemática, aplicada durante todo el desarrollo del cultivo de apio en el sistema hidropónico continuo bajo condiciones de invernadero. Esta técnica permitió registrar de manera objetiva el comportamiento agronómico de las tres variedades en estudio, considerando las variables de porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de tallos o peciolo, diámetro de tallo y peso

fresco de la parte aérea a la cosecha. Como instrumentos de recolección de datos se utilizaron la libreta de campo para el registro ordenado de las evaluaciones, cinta métrica para medir la altura de planta, vernier para determinar el diámetro del tallo y balanza analítica o electrónica para cuantificar el peso fresco comercial de las plantas. Asimismo, se emplearon formatos de registro en Excel para organizar, codificar y sistematizar la información obtenida en cada fecha de evaluación. De manera complementaria, se recurrió al análisis documental mediante la revisión de libros, artículos científicos y fuentes técnicas especializadas, con la finalidad de sustentar teóricamente la investigación y contrastar los resultados obtenidos.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de los instrumentos de investigación se realizó en función de la naturaleza cuantitativa de las variables evaluadas y de los requerimientos técnicos del cultivo de apio bajo sistema hidropónico continuo. Para ello, se emplearon instrumentos de medición directa y registro sistemático, tales como libreta de campo, cinta métrica, vernier y balanza electrónica, por ser adecuados para obtener datos objetivos sobre porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de tallos o peciolo, diámetro de tallo y peso fresco a la cosecha. La validación de estos instrumentos se sustentó en su correspondencia con la matriz de operacionalización de variables y en su uso pertinente según el Sistema Internacional de Unidades, garantizando que cada indicador fuese medido con precisión y de manera uniforme. Asimismo, la confiabilidad se aseguró mediante la aplicación estandarizada de los procedimientos de medición en todas las unidades experimentales, el registro ordenado de la información en formatos de campo y su posterior sistematización en plantillas de Excel. De esta manera, se garantizó la consistencia, objetividad y exactitud de los datos recolectados durante el experimento.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las evaluaciones comenzaron desde la fecha de instalación del experimento, en agosto de 2025. Inicialmente, se realizaron cada 10 días después del trasplante en

sistema hidropónico. Posteriormente, las mediciones se efectuaron a los 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 días. Se usó el software Infostat. Para cada tratamiento se evaluaron 20 plantas, considerando las siguientes variables:

a. Porcentaje de prendimiento (%)

Se llevó a cabo el conteo de las plantas que se hayan establecido pasados 10 días desde su trasplante. Esto implica identificar cuántas de las plantas trasplantadas han sobrevivido y están mostrando un crecimiento saludable en su nuevo entorno:

$$\% \text{ de mortandad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas muertas}}{\text{N}^\circ \text{ de plantas instaladas}} \times 100$$

b. Altura de planta (cm) cada 10 días hasta los 70 días

Se midió la altura en cm, cada 10 días después del trasplante, serán medida con una cinta métrica desde la base del cuello hasta la parte más alta de la planta, en una muestra de 20 plantas por parcela. Este parámetro se evaluó hasta la cosecha.

c. Número de tallos comestibles o peciolo

Se evaluó el número de pencas por planta, esto se realizó mediante el conteo desde la primera penca con desarrollo completo.

d. Diámetro de tallo

Para esta evaluación se usó un vernier y el dato se tomó en la parte inferior de la planta.

e. Peso fresco de la parte aérea (g)

Se pesó toda la parte comercial del apio y se usó una balanza analítica.

3.9. Tratamiento estadístico

Luego de concluir las evaluaciones, se llevaron a cabo los análisis de varianza correspondientes. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Duncan, utilizando el paquete estadístico InfoStat.

Tabla 2. Tratamientos en estudio de apio

Nº	Tratamiento	Variedades	Cantidad de plántulas
1	T1	Kelvin	20
2			20
3			20
4	T2	Sebastián	20
5			20
6			20
7	T3	Jiricsha	20
8			20
9			20

Se usó el siguiente modelo lineal general.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Parámetro, efecto medio

t_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ϵ_{ijk} = Valor aleatorio, error experimental de la u.e.i.j.

Esquema del análisis de varianza:

Tabla 3. Análisis de varianza para un DBCA

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	F Tabular	
					5%	1%
Tratamientos	t-1	SC Tratamiento	$\frac{SC_{trata.}}{G.L. trata.}$	$\frac{CM_{tratami.}}{CM_{error}}$		
Bloques	b-1	SC Bloques	$\frac{SC_{bloques.}}{G.L. bloques.}$	$\frac{CM_{bloques}}{CM_{error}}$		
Error	(t-1) (b-1)	SC Error	$\frac{SC_{error.}}{G.L. error.}$			
Total	tb - 1	SC (Total)				

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Autoría: Se puede precisar con claridad que Lizbeth Majorie ESPINOZA SUAREZ y Mery Luz MATEO TRUJILLO, son las autoras del presente trabajo de investigación.

Originalidad: Las referencias y contenidos mencionados en este trabajo de investigación han sido considerados respetando la autoría original y se han incluido en la bibliografía correspondiente sin modificar su contenido.

Reconocimiento de fuentes: Las obras de los distintos autores consultados han sido referenciadas en la bibliografía respetando su contenido original y siguiendo el formato establecido por la norma APA, séptima edición, como cita indirecta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas

La presente investigación se realizó en condiciones de invernadero de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y se localizó en:

Provincia: Daniel Alcides Carrión

Distrito: Yanahuanca

Región: Pasco

Altitud: 3182 m.s.n.m

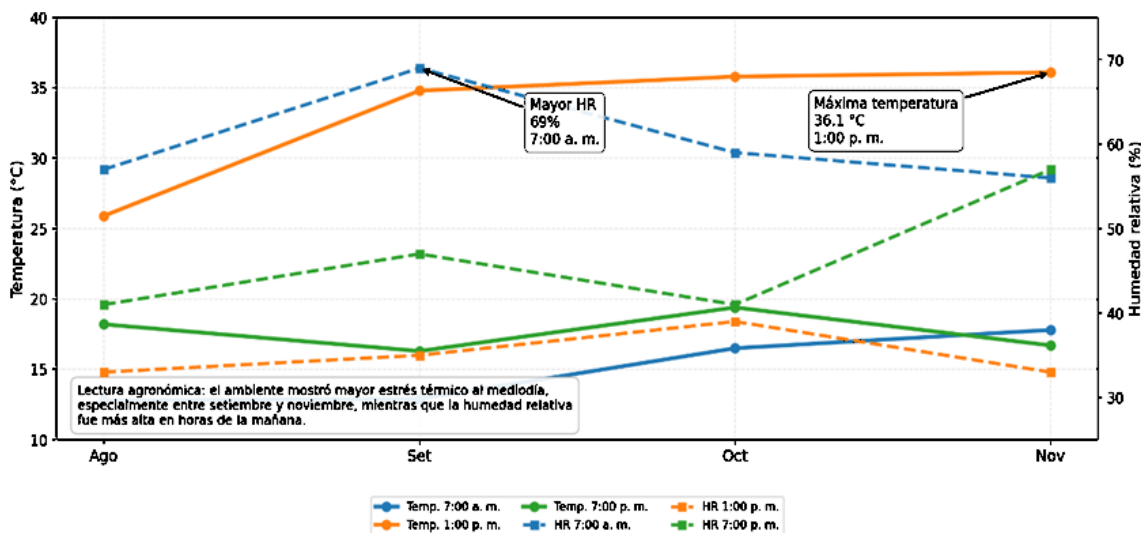
Latitud Sur: 10°29'22"S

Longitud Oeste: 76°30'46" W

El apio tiene la capacidad de adaptarse a diversas condiciones geográficas, siempre que se consideren factores clave como la disponibilidad de agua, el clima, la exposición solar, la topografía, el espacio disponible y el acceso a insumos. Con una planificación y manejo adecuados, este cultivo puede desarrollarse en distintos tipos de ambientes.

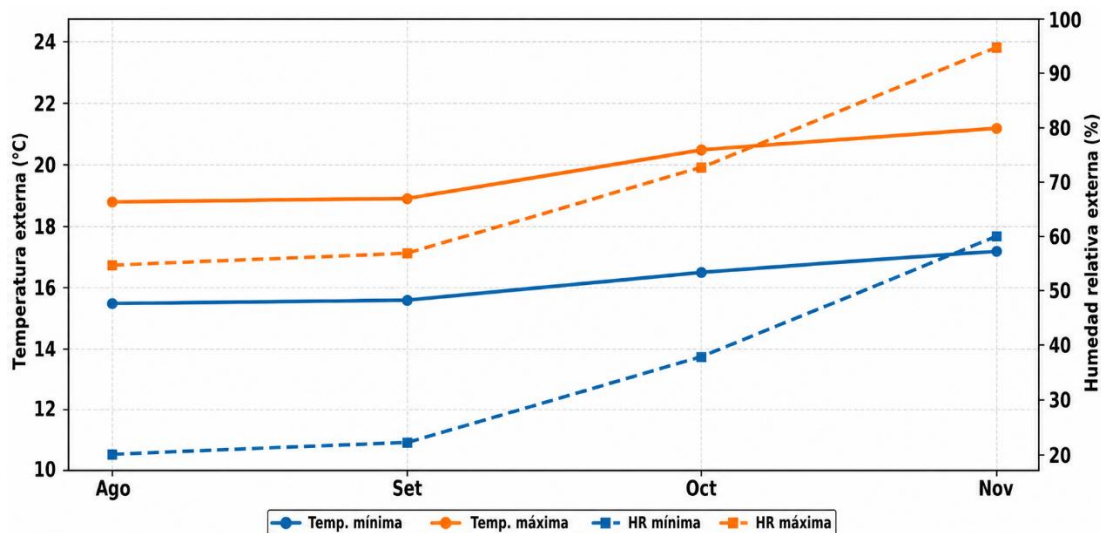
4.1.2. Datos meteorológicos

Figura 3. Comportamiento térmico e higrométrico dentro del invernadero, sistema hidropónico de apio agosto – noviembre 2025



Fuente: Datos tomados por las autoras

Figura 4. Temperatura y humedad relativa externa en Yanahuanca agosto – noviembre 2025



Interpretación de los datos meteorológicos

Los datos meteorológicos fueron registrados con un termómetro digital marca Tylor, considerando promedios mensuales obtenidos en tres horarios de evaluación: 7:00 a. m., 1:00 p. m. y 7:00 p. m. para temperatura y humedad relativa. Según los requerimientos climáticos del cultivo, el apio presenta mejor desarrollo en ambientes

frescos, con temperaturas cercanas al rango de 15 a 21 °C; por ello, el análisis de las Figuras 3 y 4 permite comprender la influencia del ambiente interno y externo sobre el comportamiento agronómico de las variedades evaluadas.

En la Figura 3, correspondiente al ambiente interno del invernadero, se observa una marcada variación térmica diaria. Las temperaturas registradas a las 7:00 a. m. fluctuaron entre 12.8 y 17.8 °C, valores que se ubicaron dentro o próximos al rango favorable para el crecimiento inicial del apio. De igual manera, las temperaturas de las 7:00 p. m., entre 16.3 y 19.4 °C, fueron adecuadas para la recuperación fisiológica de las plantas después del periodo de mayor radiación. Sin embargo, a la 1:00 p. m. se registraron temperaturas elevadas, desde 25.9 °C en agosto hasta 36.1 °C en noviembre, superando ampliamente el rango óptimo del cultivo. Este incremento evidencia un efecto de acumulación de calor dentro del invernadero, especialmente durante las horas de mayor radiación solar, lo que pudo aumentar la transpiración, reducir la eficiencia fotosintética y generar estrés térmico temporal en las plantas.

Respecto a la humedad relativa interna, la Figura 3 muestra que los valores más altos se registraron en la mañana, con un máximo de 69 % en setiembre a las 7:00 a. m., mientras que los valores más bajos ocurrieron al mediodía, entre 33 y 39 %. Esta reducción de la humedad relativa durante las horas de mayor temperatura indica un ambiente más seco dentro del invernadero, condición que puede incrementar la demanda evaporativa y favorecer la pérdida de agua por transpiración. No obstante, al tratarse de un sistema hidropónico continuo, la disponibilidad permanente de solución nutritiva pudo mitigar parcialmente el estrés hídrico, permitiendo que las plantas mantuvieran su crecimiento aún bajo condiciones térmicas desfavorables en ciertos momentos del día.

La Figura 4, que representa las condiciones externas de Yanahuanca, muestra un ambiente más moderado que el registrado dentro del invernadero. Las temperaturas mínimas externas se mantuvieron aproximadamente entre 15.5 y 17.2 °C, mientras que las máximas fluctuaron entre 18.8 y 21.2 °C, valores más cercanos

al rango climático recomendado para el cultivo de apio. Esta comparación evidencia que el invernadero no solo protegió el cultivo del ambiente externo, sino que también elevó considerablemente la temperatura interna durante el mediodía, generando diferencias importantes entre el ambiente externo y el microclima de cultivo.

En cuanto a la humedad relativa externa, la Figura 4 muestra una tendencia ascendente de agosto a noviembre, con valores máximos que aumentaron aproximadamente de 55 % a 94 %, y valores mínimos que pasaron de alrededor de 23 % a 61 %. Este comportamiento refleja una mayor humedad ambiental hacia noviembre; sin embargo, dentro del invernadero la humedad relativa al mediodía se mantuvo baja, lo cual confirma que el aumento de temperatura interna redujo la humedad relativa disponible para las plantas. Por tanto, el microclima del invernadero presentó condiciones favorables durante la mañana y la tarde, pero condiciones de estrés térmico e higrométrico durante el mediodía.

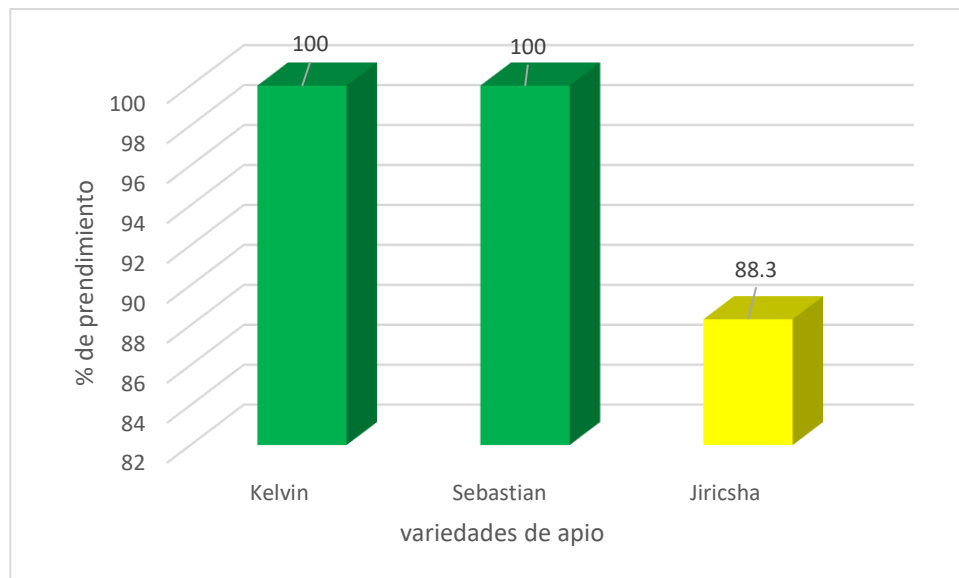
En conjunto, los datos meteorológicos indican que el sistema hidropónico continuo permitió el desarrollo del apio bajo condiciones altoandinas, pero el manejo del ambiente interno fue un factor determinante. Las temperaturas elevadas al mediodía pudieron influir en las diferencias de crecimiento y rendimiento observadas entre variedades, debido a que cada genotipo responde de manera distinta al estrés térmico. En este contexto, la variedad con mayor vigor pudo expresar mejor su capacidad de adaptación al microclima del invernadero. Por ello, para futuros ciclos de producción se recomienda fortalecer el manejo de ventilación, sombreado parcial y monitoreo de temperatura y humedad relativa, especialmente entre las 11:00 a. m. y 2:00 p. m., con la finalidad de reducir el estrés térmico, mejorar la eficiencia fisiológica del cultivo y optimizar el rendimiento del apio en sistema hidropónico continuo.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Desarrollo vegetativo

a. Porcentaje de prendimiento (%)

Figura 5. Porcentaje de prendimiento de apio en sistema hidropónico continuo (%)



La Figura 5 muestra que el porcentaje de prendimiento del apio en el sistema hidropónico continuo fue alto en general, destacando que las variedades Kelvin y Sebastián alcanzaron el 100 % de sobrevivencia en los tres bloques, lo que evidencia su buena adaptación al sistema y a las condiciones del invernadero. En contraste, Jiricsha presentó prendimientos variables entre bloques, con valores de 80 %, 85 % y 100 %, lo cual indica mayor sensibilidad durante el establecimiento inicial. Estas diferencias sugieren que las características genéticas de cada variedad influyen directamente en su capacidad de adaptación al sistema hidropónico, siendo Kelvin y Sebastián las más estables y vigorosas al trasplante, mientras que Jiricsha requiere un manejo más cuidadoso para asegurar su prendimiento óptimo.

b. Altura de planta a los 70 días (cm)

Tabla 4. Análisis de varianza altura de planta a los 70 días

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Bloques	2	192.58	96.29	1.97	3.04	n.s.
Tratamientos	2	10408.54	5204.27	106.37	3.04	*
Error	175	8561.86	48.92			
Total	179	19162.98				

CV: 14.36 %

La Tabla 5 muestra que, a los 70 días, sí existen diferencias altamente significativas en la altura de planta entre las variedades evaluadas, evidenciadas por un valor de Fc (106.37) muy superior al Ft (3.04) al 5 % de significancia, lo que confirma que la variedad influye directamente en el crecimiento en altura. En contraste, el efecto de los bloques no fue significativo, indicando que las condiciones experimentales fueron homogéneas. El coeficiente de variación (14.36 %) refleja una variabilidad aceptable para este tipo de cultivos. En conjunto, el análisis sugiere que las diferencias observadas en altura responden principalmente a las características genéticas de cada variedad, validando la necesidad de comparar su desempeño individual en el sistema hidropónico continuo.

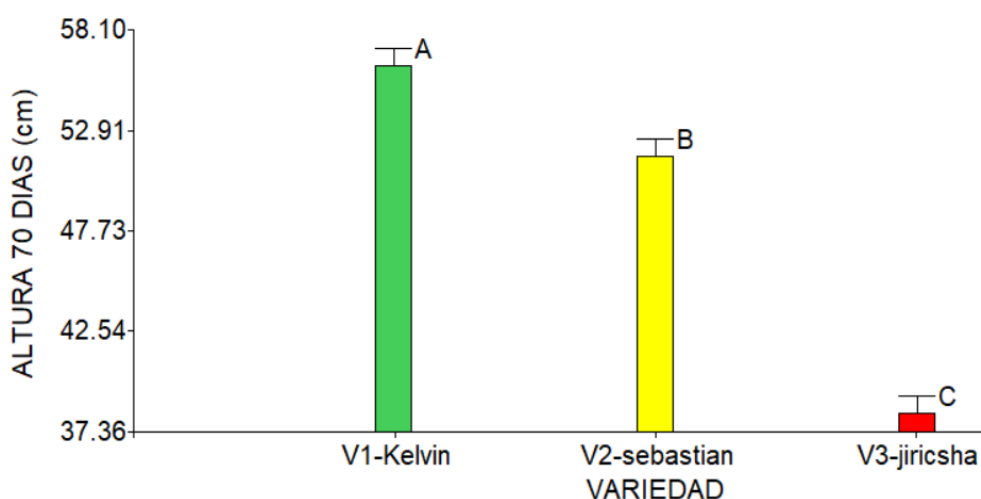
Tabla 5. Prueba de Duncan para altura de planta a los 70 días (cm)

OM	Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia $\alpha=0.05$
1	Kelvin	56.25	A
2	Sebastián	51.58	B
3	Jiricsha	38.30	C

La Tabla 6 indica que la prueba de Duncan separó claramente a las tres variedades en grupos estadísticos distintos, demostrando diferencias significativas en la altura de planta a los 70 días. La variedad Kelvin obtuvo

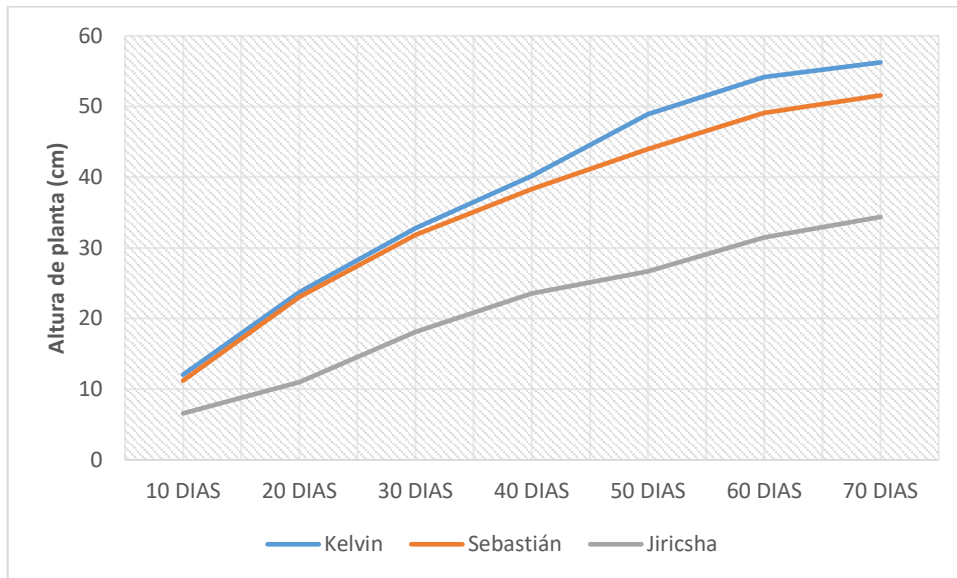
el mayor promedio (56.25 cm) y se ubicó en el grupo A, evidenciando el mejor desarrollo vegetativo. Sebastián, con un promedio de 51.58 cm, se ubicó en el grupo B, mostrando un crecimiento intermedio, pero estadísticamente inferior a Kelvin. Finalmente, Jiricscha, con 38.30 cm, fue asignada al grupo C, reflejando el menor desempeño en altura. Esta separación confirma que el comportamiento en el sistema hidropónico continuo depende fuertemente del material genético, siendo Kelvin la variedad más vigorosa bajo las condiciones del experimento.

Figura 6. Altura de planta a los 70 días (cm)



La Figura 6 muestra de manera gráfica que la variedad Kelvin alcanzó la mayor altura promedio a los 70 días, evidenciando un crecimiento superior y constante respecto a las otras variedades. Sebastián presentó una altura intermedia, lo que coincide con su desempeño estadístico y refleja un desarrollo adecuado, aunque menor que Kelvin. Por otro lado, Jiricscha registró la menor altura, evidenciando una respuesta más limitada al sistema hidropónico continuo. La clara separación visual entre las tres curvas o barras confirma las diferencias registradas en el análisis estadístico, destacando a Kelvin como la variedad con mejor adaptación y vigor bajo las condiciones del invernadero.

Figura 7. Desarrollo de altura de planta hasta los 70 días (cm)



La Figura 7 muestra una evolución clara y diferenciada en el crecimiento de las tres variedades de apio a lo largo del periodo evaluado, evidenciando que Kelvin mantuvo un incremento constante y sostenido en altura desde los primeros días hasta alcanzar los mayores valores a los 70 días, lo que confirma su mayor vigor y adaptación al sistema hidropónico continuo. La variedad Sebastián también presentó un crecimiento progresivo, aunque siempre por debajo de Kelvin, ubicándose como la segunda mejor en desempeño vegetativo. En contraste, Jircsha mostró un crecimiento más lento y menor altura en todas las fechas de evaluación, indicando una menor capacidad de respuesta bajo las condiciones del experimento. En conjunto, la figura demuestra que las diferencias entre variedades se manifiestan desde las primeras etapas y se mantienen hasta el final del ciclo.

c. Número de hojas o pseudo tallos a los 70 días (n°)

Tabla 6. Análisis de varianza para número de hojas o pseudo tallos a los 70 días (n°)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Bloques	2	25.43	12.72	3.17	3.04	*
Tratamientos	2	297.23	148.62	37.08	3.04	*
Error	175	701.33	4.01			
Total	179	1024.00				

CV: 16.23 %

La Tabla 7 muestra que el número de tallos a los 70 días presentó diferencias altamente significativas entre las variedades, lo cual se evidencia porque el valor de Fc (37.08) supera ampliamente al Ft (3.04) al 5 % de significancia. Esto indica que el comportamiento en la formación de tallos depende directamente del material genético evaluado. Asimismo, los bloques también mostraron un efecto significativo ($F_c = 3.17 > F_t = 3.04$), lo que sugiere cierta variación ambiental dentro del invernadero, aunque controlada. El coeficiente de variación (16.23 %) refleja una variabilidad moderada esperada en este tipo de cultivo. En conjunto, los resultados confirman que las variedades responden de manera diferente en la producción de tallos bajo el sistema hidropónico continuo.

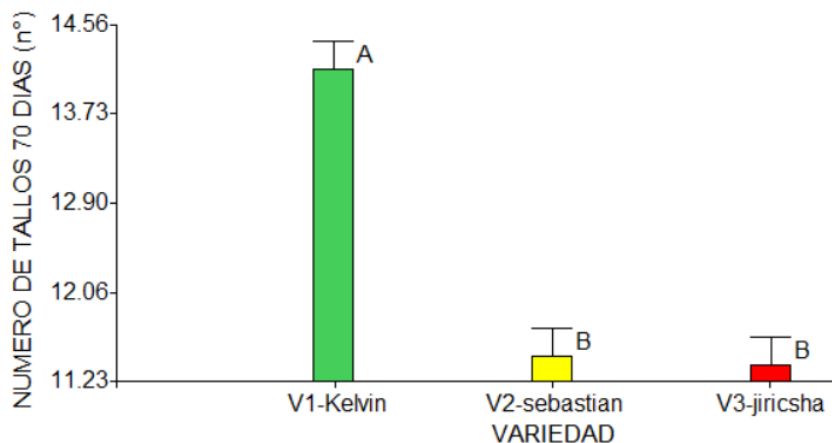
Tabla 7. Prueba de Duncan para número de tallo a los 70 días (n°)

OM	Tratamiento	Promedio (n°)	Significancia $\alpha=0.05$
1	Kelvin	14.15	A
2	Sebastián	11.47	B
3	Jiricscha	11.38	B

La Tabla 8 evidencia que la prueba de Duncan separó a las variedades en tres grupos estadísticos distintos, confirmando diferencias significativas

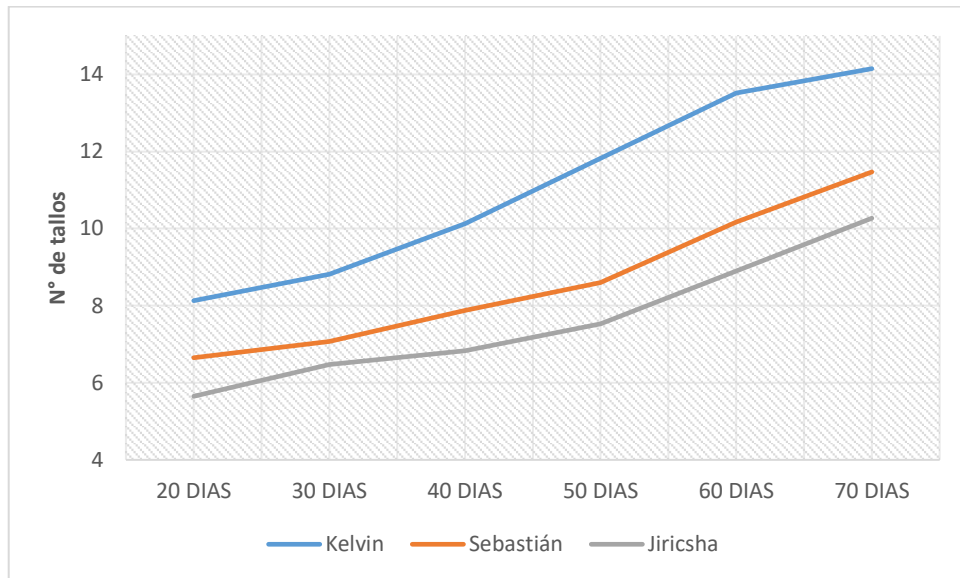
en la producción de tallos a los 70 días. La variedad Kelvin alcanzó el mayor número de tallos (14.15) y se ubicó en el grupo A, mostrando la mejor capacidad de emisión de pseudotallos en el sistema hidropónico continuo. La variedad Sebastián registró un promedio intermedio de 11.47 tallos, perteneciendo al grupo B, lo que indica un desempeño moderado pero inferior al de Kelvin. Finalmente, Jiricsha presentó el menor número de tallos (11.38) y se ubicó en el grupo B, evidenciando la menor respuesta vegetativa. Estos resultados confirman que el potencial de formación de tallos está fuertemente determinado por la variedad.

Figura 8. Número de tallo a los 70 días (mm)



La Figura 8 muestra de forma clara que la variedad Kelvin presentó el mayor número de tallos a los 70 días, destacándose por su mayor capacidad de emisión de pencas en comparación con las demás variedades. Sebastián se ubicó en un nivel intermedio, evidenciando un desempeño moderado pero consistente, mientras que Jiricsha mostró el menor número de tallos, reflejando una respuesta vegetativa más limitada bajo el sistema hidropónico continuo. La diferencia visual entre las barras confirma los resultados estadísticos, indicando que la variedad influye directamente en la producción de tallos y que Kelvin es la más vigorosa en este aspecto.

Figura 9. Número de tallo hasta 70 días (n°)



La Figura 9 muestra la evolución del número de tallos desde el inicio hasta los 70 días, evidenciando un crecimiento progresivo y diferenciado entre las variedades. Kelvin mantiene durante todo el periodo la mayor producción de tallos, reflejando un desarrollo vegetativo más vigoroso y una mayor capacidad de emisión de pseudo tallos en el sistema hidropónico continuo. Sebastián presenta un aumento constante pero siempre por debajo de Kelvin, ubicándose como la segunda mejor variedad en este parámetro. En contraste, Jiricsha muestra el crecimiento más lento y el menor número de pseudo tallos u hojas en todas las evaluaciones, indicando una menor adaptación al sistema. En conjunto, la figura revela que las diferencias entre variedades se manifiestan desde etapas tempranas y se mantienen hasta los 70 días.

d. Diámetro de tallos a la cosecha (pulgadas)

Tabla 8. Análisis de varianza para diámetro de tallo a la cosecha (pulgadas)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Bloques	2	0.08	0.04	7.40	3.04	*
Tratamientos	2	16.01	8.00	1566.15	3.04	*
Error	175	0.89	0.01			
Total	179	16.98				

CV: 3.49 %

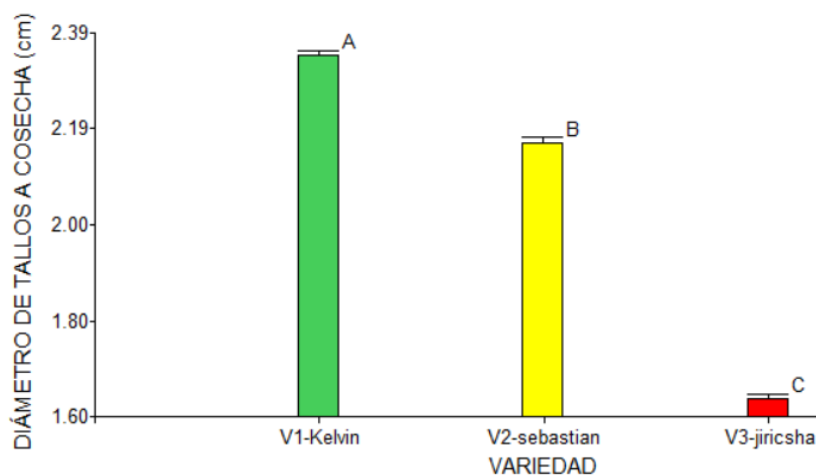
La Tabla 9 muestra que el diámetro de tallo a la cosecha presentó diferencias altamente significativas entre las variedades, lo cual se evidencia porque el valor de Fc (1566.15) es muy superior al Ft (3.04) al 5 % de significancia, confirmando que el grosor del tallo depende directamente del material genético evaluado. Así mismo, el efecto de los bloques fue significativo ($F_c = 7.40 < F_t = 3.04$), lo que indica que las condiciones del invernadero fueron heterogéneas e influyeron en este parámetro. El coeficiente de variación (3.49 %) es bajo, por lo que la variabilidad experimental es mínima y los datos son confiables. En conjunto, estos resultados confirman que las variedades responden de manera diferente en el engrosamiento del tallo bajo el sistema hidropónico continuo.

Tabla 9. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a la cosecha (pulgadas)

OM	Tratamiento	Promedio (plg)	Significancia $\alpha=0.05$
1	Kelvin	2.34	A
2	Sebastián	2.16	B
3	Jiricscha	1.64	C

La Tabla 10 muestra que la prueba de Duncan separó claramente a las variedades en tres grupos estadísticos distintos, evidenciando diferencias significativas en el diámetro de tallo a la cosecha. La variedad Kelvin registró el mayor diámetro (2.34 plg) y fue ubicada en el grupo A, destacándose por su mejor desarrollo estructural. Sebastián, con un diámetro promedio de 2.16 cm, se ubicó en el grupo B, mostrando un grosor intermedio, pero significativamente menor que Kelvin. Finalmente, Jiricscha, con 1.64 cm, fue clasificada en el grupo C, reflejando el menor engrosamiento del tallo entre las variedades evaluadas. Estos resultados confirman que el grosor del tallo está influenciado principalmente por las características genéticas de cada variedad.

Figura 10. Diámetro de tallos a la cosecha (plg)



La Figura 10 muestra de manera clara que la variedad Kelvin presenta el mayor diámetro de tallo a la cosecha, destacándose por su mayor robustez y capacidad de engrosamiento bajo el sistema hidropónico continuo. La variedad Sebastián ocupa una posición intermedia, con valores menores que Kelvin pero superiores a los de Jiricscha, lo que evidencia un desarrollo estructural moderado. En contraste, Jiricscha muestra el diámetro más reducido, reflejando una menor respuesta fisiológica y estructural en comparación con las otras variedades. La

distribución visual de las barras confirma las diferencias estadísticas observadas, resaltando que el potencial de engrosamiento del tallo depende principalmente de la variedad.

4.2.2. Rendimiento

a. Peso de planta a la cosecha (g)

Tabla 10. Análisis de varianza para peso de planta a la cosecha (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. 0,05
Bloques	2	98522.21	49261.11	65.27	3.04	*
Tratamientos	2	1956163.21	978081.61	1296.01	3.04	*
Error	175	132070.69	754.69			
Total	179	2186756.11				

CV: 8.55 %

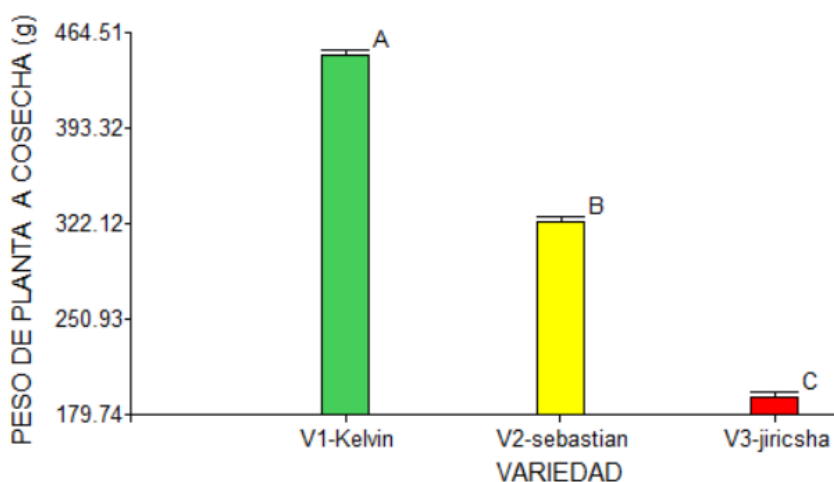
La Tabla 10 muestra que el peso de planta a la cosecha presentó diferencias altamente significativas entre las variedades, lo cual se evidencia porque el valor de Fc (1296.01) supera ampliamente al Ft (3.04) al 5 % de significancia, indicando que el rendimiento en biomasa fresca depende directamente del material genético evaluado. El efecto de los bloques también fue significativo ($F_c = 65.27 < F_t = 3.04$), lo que confirma que las condiciones dentro del invernadero fueron variables e influyeron en este parámetro productivo. Además, el coeficiente de variación (8.55 %) muestra una variabilidad aceptable para este tipo de evaluaciones, respaldando la confiabilidad de los datos. En conjunto, el análisis demuestra que las variedades responden de manera diferenciada en su capacidad de acumular biomasa bajo el sistema hidropónico continuo, destacando que la variabilidad observada se debe principalmente a sus características genéticas.

Tabla 11. Prueba de Duncan para peso de planta a la cosecha (g)

OM	Tratamiento	Promedio (g)	Significancia $\alpha=0.05$
1	Kelvin	448.02	A
2	Sebastián	323.13	B
3	Jiricscha	192.68	C

La Tabla 11 muestra que la prueba de Duncan separó a las variedades en tres grupos estadísticos distintos, confirmando diferencias significativas en el peso de planta a la cosecha. La variedad Kelvin obtuvo el mayor peso promedio (448.02 g) y fue ubicada en el grupo A, evidenciando su superior capacidad de acumulación de biomasa en el sistema hidropónico continuo. Sebastián, con un peso intermedio de 323.13 g, se ubicó en el grupo B, mostrando un rendimiento aceptable pero significativamente menor al de Kelvin. Finalmente, Jiricscha registró el menor peso (192.68 g) y quedó en el grupo C, indicando la menor eficiencia en producción de biomasa entre las variedades evaluadas.

Figura 11. Peso de planta a la cosecha (g)



La Figura 11 muestra de manera clara que la variedad Kelvin alcanzó el mayor peso de planta a la cosecha, destacándose por su sobresaliente capacidad de acumulación de biomasa en el sistema hidropónico continuo.

La variedad Sebastián presentó un peso intermedio, evidenciando un rendimiento moderado, pero consistentemente inferior al de Kelvin. En contraste, Jiricsha registró el menor peso, lo que refleja una respuesta más limitada en crecimiento y eficiencia productiva. La marcada separación entre las barras confirma visualmente las diferencias estadísticas encontradas, indicando que el rendimiento final depende principalmente del potencial genético de cada variedad bajo las condiciones del invernadero.

En campo abierto a un distanciamiento entre surcos 0.7 m en una hectárea se tiene 143 surcos, y en un surco (de 100 m) se tiene 666 plantas a 0.15 m de distanciamiento entre plantas, haciendo un total de 95,238 plantas por hectárea y en una hectárea hay 30000 atados es decir un atado tiene entre 3 a 4 plantas.

El sistema hidropónico continuo constó de un módulo de 3.50 m. de largo, 1.20 m de ancho (4.2 m²) y se tuvo 180 plantas y en una hectárea sería 400000 plantas o 100000 atados debido a la alta densidad que se usó, sin embargo, los sistemas hidropónicos son pequeños, pero altamente eficientes, con una recuperación de la inversión a la cuarta cosecha, lo cual presenta alta rentabilidad.

4.3. Prueba de Hipótesis

La hipótesis general formulada se confirma, dado que las tres variedades de apio (*Apium graveolens*) presenta diferencia significativa en el rendimiento bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca– Pasco. Esta afirmación se respalda mediante el análisis de varianza y la prueba estadística de Duncan, cuyos resultados han sido detalladamente expuestos anteriormente.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Desarrollo vegetativo

a. Porcentaje de prendimiento (%)

El alto porcentaje de prendimiento observado en el experimento particularmente con las variedades Kelvin y Sebastián alcanzando 100 % es consistente con lo reportado por Kumar y Agarwal (2024) en un estudio comparativo de apio cultivado en sistemas hidropónicos, donde también evidenciaron una supervivencia casi total bajo condiciones controladas. Esto sugiere que el sistema hidropónico continuo que empleaste crea un ambiente muy favorable para el establecimiento de las plántulas, minimizando pérdidas durante el trasplante por estrés en las raíces. Además, un prendimiento tan alto refuerza la eficiencia del diseño experimental y la calidad del material vegetal (variedades), lo cual es crucial para maximizar la productividad en cultivos tan sensibles como el apio.

b. Altura de planta a los 70 días (cm)

La altura de planta obtenida a los 70 días en el presente estudio donde la variedad Kelvin mostró el mayor crecimiento, seguida de Sebastián y finalmente Jiricsha concuerda con lo señalado por INTAGRI (2015), quienes describen que el apio presenta diferencias marcadas en crecimiento vertical según el material genético y su capacidad de adaptación al sistema de producción. De acuerdo con este autor, variedades con mayor vigor expresan incrementos continuos en altura cuando las condiciones son óptimas, especialmente en sistemas hidropónicos donde la disponibilidad de agua y nutrientes es constante. Esto explica por qué Kelvin alcanzó mejores resultados en tu investigación, ya que su respuesta fisiológica fue más eficiente frente a la nutrición continua del sistema. Las diferencias observadas entre

variedades también coinciden con la teoría de que la altura del apio depende tanto del genotipo como del ambiente controlado, lo que respalda la variabilidad encontrada en el análisis estadístico.

c. Número de tallo a los 70 días (n°)

El número de tallos registrados a los 70 días en el presente estudio donde la variedad Kelvin destacó con la mayor emisión de pencas, seguida por Sebastián y finalmente Jiricsha coincide con lo descrito por estos autores, quienes señalan que la producción de tallos en apio depende fuertemente del vigor genético y de la eficiencia en la absorción de nutrientes en sistemas hidropónicos. Según Roca y Rodríguez (2018), las variedades con mayor capacidad fisiológica de crecimiento responden con una mayor emisión de tallos cuando cuentan con un suministro continuo de agua y nutrientes, característica propia de los sistemas hidropónicos continuos. Esto explica el comportamiento superior de Kelvin, cuya estructura vegetativa mostró mayor potencial de ramificación. Las diferencias estadísticas encontradas en tu investigación confirman que la capacidad de generar tallos está estrechamente vinculada con el genotipo y su adaptación al ambiente controlado, validando la variabilidad obtenida entre variedades.

d. Diámetro de tallos (plg)

El análisis del diámetro de los tallos al momento de la cosecha revela que la variedad Kelvin exhibió un engrosamiento significativamente mayor en comparación con Sebastián y Jiricsha, lo que concuerda con lo descrito por Medrano (2002), en su tesis sobre apio cultivado en sistema hidropónico, donde reportó que la densidad de siembra afecta de forma notable el grosor del tallo en *Apium graveolens*. Este mayor diámetro en Kelvin podría estar asociado a un mejor aprovechamiento de nutrientes y una mayor capacidad estructural para sostener la planta, lo que

probablemente contribuye a su mayor peso de biomasa. Además, la resistencia mecánica de tallos más gruesos podría mejorar la calidad comercial del apio al facilitar su manipulación y transporte. Por otro lado, las variedades con menor diámetro de tallo, como Jiricsha, podrían presentar desventajas en términos de firmeza y rendimiento, lo que sugiere que la selección genética para esta característica puede ser clave para optimizar su desempeño en sistemas productivos hidropónicos continuos.

4.4.2. Rendimiento

a. Peso de planta a la cosecha (g)

El peso de planta obtenido a la cosecha en el presente estudio donde la variedad Kelvin mostró el mayor rendimiento en biomasa fresca, seguida por Sebastián y finalmente Jiricsha coincide con lo reportado por Kumar & Agarwal, (2024), quienes señalan que el rendimiento del apio en sistemas hidropónicos depende directamente del vigor genético y de la eficiencia en la absorción continua de nutrientes. Según su investigación, variedades con mayor capacidad fisiológica logran acumular más biomasa cuando se encuentran en condiciones controladas de humedad, oxigenación radicular y disponibilidad de nutrientes, características propias de los sistemas hidropónicos continuos. Esto explica por qué Kelvin obtuvo los valores más altos de peso en tu estudio, reflejando una mayor eficiencia metabólica y un crecimiento estructural superior. Las diferencias estadísticamente significativas observadas entre variedades confirman que el rendimiento final está fuertemente influenciado por el genotipo y su nivel de adaptación al ambiente hidropónico.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. El sistema hidropónico continuo permitió obtener un alto porcentaje de prendimiento, destacando a las variedades Kelvin y Sebastián por su sobresaliente adaptación y vigor inicial. Esto demuestra que las condiciones controladas del sistema favorecen el establecimiento uniforme de las plántulas y minimizan las pérdidas durante el trasplante. Los resultados confirman que el genotipo influye directamente en la capacidad de sobrevivencia del apio en ambientes hidropónicos.
2. Las variables de crecimiento evaluadas, altura de planta, número de tallos y diámetro de tallo, mostraron diferencias altamente significativas entre variedades, evidenciando que Kelvin presentó el mejor desempeño vegetativo. Este comportamiento refleja su mayor eficiencia fisiológica frente a la disponibilidad continua de nutrientes. Asimismo, las condiciones homogéneas del invernadero permitieron expresar claramente las características genéticas de cada variedad.
3. El rendimiento final, medido como peso de planta a la cosecha, confirmó que la variedad Kelvin alcanzó la mayor producción de biomasa fresca, superando ampliamente a Sebastián y Jiricsha. Esto demuestra que el potencial productivo del apio está fuertemente determinado por el genotipo y su nivel de adaptación al sistema hidropónico continuo. De este modo, Kelvin se identifica como la variedad más recomendable para optimizar la producción en condiciones similares.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los agricultores seleccionar variedades de apio con alta capacidad de adaptación al sistema hidropónico, como Kelvin, debido a su elevado prendimiento y vigor inicial. Esto asegurará un establecimiento más uniforme y reducirá pérdidas en las primeras etapas del cultivo. La elección adecuada del material genético es clave para maximizar el éxito productivo.
2. Es fundamental mantener un manejo riguroso de la solución nutritiva, garantizando una provisión continua y balanceada de nutrientes para favorecer el crecimiento vegetativo. Las variedades responden de manera distinta a la disponibilidad nutricional, por lo que se debe monitorear la altura, número de tallos y diámetro para ajustar el manejo. Un control adecuado permitirá expresar mejor el potencial del cultivo.
3. Para mejorar el rendimiento final, se recomienda implementar un monitoreo constante de parámetros ambientales como temperatura, humedad y ventilación dentro del invernadero. Estas condiciones influyen directamente en la acumulación de biomasa, especialmente en variedades de alto potencial como Kelvin. Ajustar el ambiente favorecerá un desarrollo óptimo y aumentará la productividad del sistema hidropónico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero Valdez, K. V. (2023). Evaluación del Rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens* L.) a Tres distancias de Plantación Perpendicular, en un sistema de Aeroponía vertical en el centro experimental Cota Cota [Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica].
file:///C:/Users/GabrielPro/Downloads/TRES_DISTANCIAS_DE_PLANTACION_VERTICAL_EN_UN_SISTEMA_DE_AEROPONIA_VERTICAL_EN_EL_CENTRO_EXPERIMENTAL_COTA_COTA.pdf
- Barbado, Jose. (2005). Hidroponía (primera edición). Albatros Saci.
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60948296/H1-convertido20191018-30355-1v399sr-libre.pdf?1571457575=&response-content-disposition=inline%3B+filena>
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Cultivo en Hidroponía. Universidad de La Plata.
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf%3Fsequence%3D1
- Calle Pinaya, Jorge Luis. (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.
- Carrillo Romero, C. (2015). Evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio (*Apium graveolens* L.).
- Celis Quijano, K., Hernández Mora, M., & Sherwell Cabrera, A. (2013). Implementación de un programa de cultivo de hidroponia para incrementar la disponibilidad de verduras en la comunidad de Xacxamayo.
<https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/579>
- Choque Choque, D. B. (2021). Evaluación de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en tres densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el Centro Experimental de Cota Cota—La Paz [Tesis, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica].
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25766>

- Cusi Roque, L. A. (2020). Efecto de tres niveles de biol en el comportamiento productivo de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) bajo ambiente protegido, en el Centro Experimental de Cota Cot [Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica].
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/24906>
- Equipo Editorial INTAGRI. (2015). El Cultivo de Apio | Intagri S.C.
<https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-apio>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). Urban and peri-urban agriculture: Food for the Cities briefing guide. FAO. Enlace activo:
https://www.fao.org/fileadmin/templates/FCIT/PDF/briefing_guide.pdf
- Gomes, sebastian & Rincon, Hernan. (2015). Apio. 3. <https://dejardines.com/wp-content/uploads/Apio.pdf>
- Info agro. (2005). Agricultura. El cultivo del apio. Corteva.
<https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- INTAGRI. (2015). El cultivo de apio. Intagri S.C.
<https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-apio>
- Kholis, A., Maipita, I., Fitrawaty, Herkules, Sagala, G. H., & Prayogo, R. R. (2022). Feasibility Study of Hydroponics as a Home Industry. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 204, 109–112. Enlace activo: <https://www.atlantispress.com/article/125968840.pdf>
- Kumar, H., & Agarwal, A. (2024). Comparative study of celery (*Apium graveolens*) on growth, yield and quality under different growing conditions. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 94(7), 791–794. <https://doi.org/10.56093/ijas.v94i7.140506>
- Lal, R. (2020). Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic. *Food Security*, 12, 871–876. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01058-3>
- López Elías, J. (2018a). La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139-141.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>

- López Elías, J. (2018b). La producción hidropónica de cultivos. Idesia (Arica), ahead, 0-0.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>
- Maicua Nuninga, L. (2021). Comparativo de Producción del Apio (*Apium graveolens*) Cultivado en un Sistema Convencional y en un Sistema Acuapónico en el Distrito de Yarinacocha. [Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales Escuela de Ingeniería Agroforestal Acuícola].
<https://repositorio.unia.edu.pe/items/a09d0b0f-1cb5-4ba3-8c22-1e98de1ab116>
- Medrano Rojas, G. R. (2002). Respuesta del apio de tallo (*Apium graveolens* var. Dulce) a diferentes densidades de plantación en sistema de cultivo hidropónico bajo condiciones de semisombra (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Simón.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2018.
https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). Reporte de ingreso y precios en el Gran Mercado Mayorista de Lima – 30 de abril de 2025. Sistema Integrado de Estadística Agraria. [Enlace activo: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8004723/6622998-reporte-de-ingreso-y-precios-en-el-gran-mercado-mayorista-de-lima-30-04-2025.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8004723/6622998-reporte-de-ingreso-y-precios-en-el-gran-mercado-mayorista-de-lima-30-04-2025.pdf)
- Molina Mendieta, J. F. (2017). “Efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de apio (*Apium graveolens*) sembrado en condiciones hidropónicas en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas”. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias Carrera de Ingeniería Agronómica].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/collections/cd234054-9409-4a84-b277-02d381ddab19>
- Navarro Ccerhuayo, O. H. (2024). Efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo condiciones de invernadero, Huacho [Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/9298>

- Pomoni, D. I., Koukou, M. K., Vrachopoulos, M. G., & Vasiliadis, L. (2023). A review of hydroponics and conventional agriculture based on energy and water consumption, environmental impact, and land use. *Energies*, 16(4), 1690. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16041690>
- Pozo Moscol, L. A. (2018). Producción Hidropónica de Apio (*Apium graveolens*) y Lechuga (*Lactuca sativa*), inyectando micronanoburbujas en el riego [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3677>
- Rajaseger, G., Chan, K. L., Tan, K. Y., Ramasamy, S., Khin, M. C., Amaladoss, A., & Haribhai, P. K. (2023). Hydroponics: Current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19(9), 925–938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
- Roca, D., & Rodríguez, M. (2018). Crecimiento y desarrollo del apio (*Apium graveolens*) en sistemas hidropónicos. *Revista de Producción Vegetal*, 33(2), 45–52. <https://revistas.ujat.mx/index.php/rpv/article/view/25678>
- Sanchez Moya, J. F. (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 [Universidad Privada Antenor Orrego Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3065>
- Santos Aguirre, Guisela Erika. (2019). Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2057>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2015). Regionalización y caracterización de sequías en el Perú. SENAMHI. Enlace activo: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-69.pdf>

Su, Y. L., Wang, Y. F., & Ow, D. W. (2020). Increasing effectiveness of urban rooftop farming through reflector-assisted double-layer hydroponic production. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126766>

Surec Rabinal, 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.

Urrestarazu Gavilan, Miguel. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Mundi-Prensa.

Vaya Soler, A. (1980). EL apio acostillado. https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:31cFGeWGX4J:scholar.google.com/+EL+APIO+ACOSTILLADO&hl=es&as_sdt=0,5

ANEXO

Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos

- Fichas de evaluación para recojo de datos
- Dispositivos mecánicos y electrónicos
- Cuaderno de campo
- USB, Celulares
- Cámara fotográfica
- Balanzas
- Wincha y vernier
- Software estadísticos como Excel e Infostat
- Observación y entrevista como técnicas para recojo de la información.
- Suposiciones o ideas
- Métodos de recolección de datos: métodos analíticos y métodos cuantitativos.


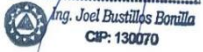
FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Joel, BUSTILLOS BONILLA	INGENIERO AGRONOMO	Docente – Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	“Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco”	Lizbeth Majorie ESPINOZA SUAREZ Mery Luz MATEO TRUJILLO
Título de la tesis “Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco”				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X

8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Se trata de un Instrumento adecuado a la realización del experimento para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus dimensiones.						
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 84%						
Cerro de pasco, 09 de setiembre de 2025	41759868	 			968988685	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto			Nº Celular	

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Dante Alex, BECERRA POZO	Ingeniero Agrónomo	Docente de la escuela de Agronomía en la - UNDAC filial Paucartambo.	“Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco”	Lizbeth Majorie ESPINOZA SUAREZ Mery Luz MATEO TRUJILLO
Título de la tesis: “Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco”				

ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de					X

	la tecnología educativa.					
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus respectivas dimensiones.						
PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 81%						
Cerro de pasco, 09 de setiembre de 2025	04074262	 Ing. Dante Alex BECERRA POZO CIP 94903			930860168	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto			Nº Celular	

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Carlos Alberto, ZAMBRANO POMA	Magister Scientiae en Agroecología	Docente de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Escuela de Agronomía	“Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco”	Lizbeth Majorie ESPINOZA SUAREZ Mery Luz MATEO TRUJILLO
Título de la tesis: “Rendimiento de tres variedades de apio (<i>Apium graveolens</i>) bajo el sistema hidropónico continuo en condiciones de invernadero en el Distrito de Yanahuanca - Pasco				

ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.				X	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.				X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos de la tecnología educativa.				X	

8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X

OPINIÓN DE APLICACIÓN:

Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes.

PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 85 %

Cerro de pasco, 09 de setiembre de 2025	10007203	 	945974690
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto	Nº Celular

Anexo 2. Análisis de agua



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO LABSAF SANTA ANA N° 110033-25NA / AG / SA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : ESPINOZA SUAREZ LIZBETH MAJORIE
 Propietario / Productor : ESPINOZA SUAREZ LIZBETH MAJORIE
 Dirección del cliente : YANAHUANCA
 Solicitado por : ESPINOZA SUAREZ LIZBETH MAJORIE
 Muestreado por : Reservado por el cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : PASCO-DANIEL ALCIDEZ CARRION-YANAHUANCA
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-10-09
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-10-10
 Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-10-10 al 2025-10-28
 Cotización del servicio : 411-25-SA
 Fecha de emisión : 2025-11-11

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AG12356-SA-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Agua	Agua	Agua	Agua	Agua	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-10-09	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:00	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CHAMAYOS	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (**)	unid. pH	0.1	8.0	-	-	-
Conductividad Eléctrica (**)	uS/cm	0.1	454.3	-	-	-
Alcalinidad Total, CaCO ₃	mg/L	-	28.57	-	-	-
Carbonatos	meq/L	-	1.22	-	-	-
Bicarbonatos	meq/L	-	9.22	-	-	-
Cloruros	mg/L	-	1.60	-	-	-
Sulfatos	mg/L	-	13.04	-	-	-
Bases Intercambiables (Ca, Mg, Na y K Interc.)	-	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	-	45.36	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	-	32.38	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	-	1.02	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	-	1.12	-	-	-
Metales	-	-	-	-	-	-
Aluminio, Al	mg/L	-	0.189	-	-	-
Arsénico, As	mg/L	-	0.000	-	-	-
Bario, Ba	mg/L	-	0.111	-	-	-
Calcio, Ca	mg/L	-	41.370	-	-	-
Cadmio, Cd	mg/L	-	0.017	-	-	-
Cobalto, Co	mg/L	-	0.026	-	-	-
Cromo, Cr	mg/L	-	0.000	-	-	-
Cobre, Cu	mg/L	-	0.000	-	-	-
Hierro, Fe	mg/L	-	0.041	-	-	-
Potasio, K	mg/L	-	1.240	-	-	-
Magnesio, Mg	mg/L	-	32.690	-	-	-
Manganeso, Mn	mg/L	-	0.000	-	-	-
Molibdeno, Mo	mg/L	-	0.000	-	-	-
Sodio, Na	mg/L	-	1.160	-	-	-
Níquel, Ni	mg/L	-	0.000	-	-	-
Plomo, Pb	mg/L	-	0.022	-	-	-
Estroncio, Sr	mg/L	-	0.049	-	-	-
Zinc, Zn	mg/L	-	0.153	-	-	-



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 LABSAF Santa Ana

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoyo km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
 Email: labsafsantaana@inia.gob.pe

F-46 / Ver.06
 www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO

LABSAF SANTA ANA

N° 110033-25NA / AG / SA

III. METODOLOGIA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	NTP 214.029: 2023 CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrométrico
Conductividad Eléctrica	NTP 214.049:2023 CALIDAD DE AGUA. Conductividad electrolítica en agua. Método de ensayo
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	ASTM (1995) Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D 1067-92, Philadelphia, 7 páginas
Carbonatos	ASTM (1995) Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D 1067-92, Philadelphia, 7 páginas
Bicarbonatos	ASTM (1995) Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D 1067-92, Philadelphia, 7 páginas
Cloruros	ASTM (1995) Standard Test Methods for Chloride Ion in Water D 512-89, Philadelphia, 7 páginas.
Sulfatos	ASTM (1995) Standard Test Methods for Sulfate Ion in Water D 516-90.
Metales en agua	Method 200.7. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission Spectrometry.

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Lidiana Alejandra Mendez - Responsable de Laboratorio del LABSAF - SANTA ANA



Firmado digitalmente por:
ALEJANDRO MENDEZ Lidiana Rene FAU
20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11/11/2025 16:14:30-0500

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Santa Ana

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoyo km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labsafsantaana@inia.gob.pe

Anexo 3. Base de datos evaluados

Datos promedio de temperatura y humedad relativa agosto – noviembre 2025 dentro del invernadero

	Hora	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
Tem. °C	7:00 a. m.	12.8	12.9	16.5	17.8
	1:00 p. m.	25.9	34.8	35.8	36.1
	7:00 p. m.	18.2	16.3	19.4	16.7
HR %	7:00 a. m.	57	69	59	56
	1:00 p. m.	33	35	39	33
	7:00 p. m.	41	47	41	57

Porcentaje de prendimiento
BLOQUE I

variedad	Numero de plantas prendidas	% prendimiento
kelvin	20	100
Sebastian	20	100
Jiricscha	16	80

BLOQUE II

variedad	Numero de plantas prendidas	% prendimiento
kelvin	20	100
Sebastian	20	100
Jiricscha	17	85

BLOQUE III

variedad	Numero de plantas prendidas	% prendimiento
kelvin	20	100
Sebastian	20	100
Jiricscha	20	100

VARIEDAD	BLOQUE	ALTURA 70 DIAS (cm)
V1-Kelvin	1	49
V1-Kelvin	1	51
V1-Kelvin	1	53
V1-Kelvin	1	36
V1-Kelvin	1	57
V1-Kelvin	1	60
V1-Kelvin	1	45
V1-Kelvin	1	48
V1-Kelvin	1	58
V1-Kelvin	1	49
V1-Kelvin	1	54
V1-Kelvin	1	56

V1-Kelvin	1	55
V1-Kelvin	1	57
V1-Kelvin	1	53
V1-Kelvin	1	51
V1-Kelvin	1	52
V1-Kelvin	1	53
V1-Kelvin	1	50
V1-Kelvin	1	53
V2-sebastian	1	52
V2-sebastian	1	53
V2-sebastian	1	55
V2-sebastian	1	50
V2-sebastian	1	49
V2-sebastian	1	51
V2-sebastian	1	54
V2-sebastian	1	49
V2-sebastian	1	50
V2-sebastian	1	48
V2-sebastian	1	55
V2-sebastian	1	52
V2-sebastian	1	50
V2-sebastian	1	53
V2-sebastian	1	55
V2-sebastian	1	48
V2-sebastian	1	53
V2-sebastian	1	49
V2-sebastian	1	52
V2-sebastian	1	47
V3-jiricsha	1	57
V3-jiricsha	1	54
V3-jiricsha	1	48
V3-jiricsha	1	26
V3-jiricsha	1	57
V3-jiricsha	1	23
V3-jiricsha	1	51
V3-jiricsha	1	29
V3-jiricsha	1	28
V3-jiricsha	1	51
V3-jiricsha	1	46
V3-jiricsha	1	50
V3-jiricsha	1	24
V3-jiricsha	1	25
V3-jiricsha	1	30
V3-jiricsha	1	51
V3-jiricsha	1	31
V3-jiricsha	1	29
V3-jiricsha	1	40
V3-jiricsha	1	31

V1-Kelvin	2	61
V1-Kelvin	2	55
V1-Kelvin	2	60
V1-Kelvin	2	59
V1-Kelvin	2	61
V1-Kelvin	2	55
V1-Kelvin	2	57
V1-Kelvin	2	59
V1-Kelvin	2	60
V1-Kelvin	2	53
V1-Kelvin	2	59
V1-Kelvin	2	55
V1-Kelvin	2	61
V1-Kelvin	2	57
V1-Kelvin	2	63
V1-Kelvin	2	56
V1-Kelvin	2	63
V1-Kelvin	2	55
V1-Kelvin	2	60
V1-Kelvin	2	52
V2-sebastian	2	49
V2-sebastian	2	50
V2-sebastian	2	52
V2-sebastian	2	53
V2-sebastian	2	56
V2-sebastian	2	54
V2-sebastian	2	48
V2-sebastian	2	53
V2-sebastian	2	56
V2-sebastian	2	49
V2-sebastian	2	58
V2-sebastian	2	49
V2-sebastian	2	50
V2-sebastian	2	57
V2-sebastian	2	52
V2-sebastian	2	57
V2-sebastian	2	54
V2-sebastian	2	56
V2-sebastian	2	48
V2-sebastian	2	50
V3-jiricscha	2	30
V3-jiricscha	2	35
V3-jiricscha	2	50
V3-jiricscha	2	34
V3-jiricscha	2	53
V3-jiricscha	2	44
V3-jiricscha	2	50
V3-jiricscha	2	44

V3-jiricscha	2	51
V3-jiricscha	2	40
V3-jiricscha	2	41
V3-jiricscha	2	30
V3-jiricscha	2	29
V3-jiricscha	2	20
V3-jiricscha	2	15
V3-jiricscha	2	48
V3-jiricscha	2	25
V3-jiricscha	2	12
V3-jiricscha	2	29
V3-jiricscha	2	32
V1-Kelvin	3	54
V1-Kelvin	3	60
V1-Kelvin	3	60
V1-Kelvin	3	55
V1-Kelvin	3	61
V1-Kelvin	3	57
V1-Kelvin	3	59
V1-Kelvin	3	62
V1-Kelvin	3	59
V1-Kelvin	3	60
V1-Kelvin	3	55
V1-Kelvin	3	58
V1-Kelvin	3	56
V1-Kelvin	3	63
V1-Kelvin	3	54
V1-Kelvin	3	63
V1-Kelvin	3	55
V1-Kelvin	3	60
V1-Kelvin	3	64
V1-Kelvin	3	59
V2-sebastian	3	51
V2-sebastian	3	54
V2-sebastian	3	49
V2-sebastian	3	51
V2-sebastian	3	52
V2-sebastian	3	47
V2-sebastian	3	46
V2-sebastian	3	45
V2-sebastian	3	52
V2-sebastian	3	49
V2-sebastian	3	56
V2-sebastian	3	47
V2-sebastian	3	54
V2-sebastian	3	52
V2-sebastian	3	50
V2-sebastian	3	53

V2-sebastian	3	57
V2-sebastian	3	55
V2-sebastian	3	49
V2-sebastian	3	50
V3-jiricscha	3	44
V3-jiricscha	3	39
V3-jiricscha	3	41
V3-jiricscha	3	29
V3-jiricscha	3	50
V3-jiricscha	3	36
V3-jiricscha	3	38
V3-jiricscha	3	39
V3-jiricscha	3	34
V3-jiricscha	3	38
V3-jiricscha	3	30
V3-jiricscha	3	46
V3-jiricscha	3	49
V3-jiricscha	3	39
V3-jiricscha	3	36
V3-jiricscha	3	38
V3-jiricscha	3	45
V3-jiricscha	3	50
V3-jiricscha	3	49
V3-jiricscha	3	35

VARIEDAD	BLOQUE	NUMERO DE TALLO 70 DIAS 06/11/25
V1-Kelvin	1	14
V1-Kelvin	1	13
V1-Kelvin	1	16
V1-Kelvin	1	14
V1-Kelvin	1	13
V1-Kelvin	1	15
V1-Kelvin	1	12
V1-Kelvin	1	13
V1-Kelvin	1	14
V1-Kelvin	1	12
V1-Kelvin	1	16
V1-Kelvin	1	13
V1-Kelvin	1	15
V1-Kelvin	1	15
V1-Kelvin	1	14
V1-Kelvin	1	16
V1-Kelvin	1	14
V1-Kelvin	1	12
V1-Kelvin	1	13

V1-Kelvin	1	14
V2-sebastian	1	13
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	9
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	10
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	12
V2-sebastian	1	13
V2-sebastian	1	10
V2-sebastian	1	9
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	12
V2-sebastian	1	9
V2-sebastian	1	13
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	10
V2-sebastian	1	11
V2-sebastian	1	15
V2-sebastian	1	14
V2-sebastian	1	11
V3-jiricscha	1	16
V3-jiricscha	1	15
V3-jiricscha	1	14
V3-jiricscha	1	15
V3-jiricscha	1	13
V3-jiricscha	1	11
V3-jiricscha	1	10
V3-jiricscha	1	8
V3-jiricscha	1	10
V3-jiricscha	1	12
V3-jiricscha	1	14
V3-jiricscha	1	13
V3-jiricscha	1	9
V3-jiricscha	1	8
V3-jiricscha	1	11
V3-jiricscha	1	15
V3-jiricscha	1	9
V3-jiricscha	1	8
V3-jiricscha	1	14
V3-jiricscha	1	8
V1-Kelvin	2	14
V1-Kelvin	2	15
V1-Kelvin	2	14
V1-Kelvin	2	13
V1-Kelvin	2	12
V1-Kelvin	2	12
V1-Kelvin	2	12

V1-Kelvin	2	15
V1-Kelvin	2	16
V1-Kelvin	2	13
V1-Kelvin	2	14
V1-Kelvin	2	12
V1-Kelvin	2	13
V1-Kelvin	2	16
V1-Kelvin	2	14
V1-Kelvin	2	16
V1-Kelvin	2	15
V1-Kelvin	2	14
V1-Kelvin	2	15
V1-Kelvin	2	13
V2-sebastian	2	11
V2-sebastian	2	9
V2-sebastian	2	12
V2-sebastian	2	11
V2-sebastian	2	10
V2-sebastian	2	9
V2-sebastian	2	7
V2-sebastian	2	11
V2-sebastian	2	9
V2-sebastian	2	9
V2-sebastian	2	12
V2-sebastian	2	10
V2-sebastian	2	14
V2-sebastian	2	12
V2-sebastian	2	10
V2-sebastian	2	11
V2-sebastian	2	15
V2-sebastian	2	11
V2-sebastian	2	12
V2-sebastian	2	14
V3-jiricscha	2	13
V3-jiricscha	2	10
V3-jiricscha	2	11
V3-jiricscha	2	7
V3-jiricscha	2	16
V3-jiricscha	2	15
V3-jiricscha	2	13
V3-jiricscha	2	10
V3-jiricscha	2	11
V3-jiricscha	2	12
V3-jiricscha	2	9
V3-jiricscha	2	9
V3-jiricscha	2	11
V3-jiricscha	2	13
V3-jiricscha	2	11

V3-jiricscha	2	12
V3-jiricscha	2	8
V3-jiricscha	2	9
V3-jiricscha	2	8
V3-jiricscha	2	9
V1-Kelvin	3	14
V1-Kelvin	3	15
V1-Kelvin	3	16
V1-Kelvin	3	15
V1-Kelvin	3	15
V1-Kelvin	3	14
V1-Kelvin	3	12
V1-Kelvin	3	16
V1-Kelvin	3	16
V1-Kelvin	3	15
V1-Kelvin	3	14
V1-Kelvin	3	14
V1-Kelvin	3	17
V1-Kelvin	3	15
V1-Kelvin	3	16
V1-Kelvin	3	12
V1-Kelvin	3	14
V1-Kelvin	3	17
V1-Kelvin	3	12
V1-Kelvin	3	14
V2-sebastian	3	11
V2-sebastian	3	9
V2-sebastian	3	9
V2-sebastian	3	11
V2-sebastian	3	13
V2-sebastian	3	10
V2-sebastian	3	12
V2-sebastian	3	15
V2-sebastian	3	14
V2-sebastian	3	11
V2-sebastian	3	12
V2-sebastian	3	13
V2-sebastian	3	11
V2-sebastian	3	12
V2-sebastian	3	16
V2-sebastian	3	10
V2-sebastian	3	13
V2-sebastian	3	10
V2-sebastian	3	16
V2-sebastian	3	15
V3-jiricscha	3	17
V3-jiricscha	3	13
V3-jiricscha	3	10

V3-jiricssha	3	9
V3-jiricssha	3	11
V3-jiricssha	3	10
V3-jiricssha	3	11
V3-jiricssha	3	8
V3-jiricssha	3	9
V3-jiricssha	3	9
V3-jiricssha	3	10
V3-jiricssha	3	12
V3-jiricssha	3	13
V3-jiricssha	3	14
V3-jiricssha	3	10
V3-jiricssha	3	13
V3-jiricssha	3	11
V3-jiricssha	3	15
V3-jiricssha	3	16
V3-jiricssha	3	12

VARIEDAD	BLOQUE	DIAMETRO DE TALLO
V1-Kelvin	1	2.37
V1-Kelvin	1	2.35
V1-Kelvin	1	2.36
V1-Kelvin	1	2.40
V1-Kelvin	1	2.43
V1-Kelvin	1	2.38
V1-Kelvin	1	2.42
V1-Kelvin	1	2.41
V1-Kelvin	1	2.37
V1-Kelvin	1	2.35
V1-Kelvin	1	2.38
V1-Kelvin	1	2.40
V1-Kelvin	1	2.43
V1-Kelvin	1	2.43
V1-Kelvin	1	2.38
V1-Kelvin	1	2.40
V1-Kelvin	1	2.40
V1-Kelvin	1	2.35
V1-Kelvin	1	2.36
V1-Kelvin	1	2.38
V2-sebastian	1	2.20
V2-sebastian	1	2.19
V2-sebastian	1	2.15
V2-sebastian	1	2.18
V2-sebastian	1	2.19
V2-sebastian	1	2.16
V2-sebastian	1	2.20

V2-sebastian	1	2.20
V2-sebastian	1	2.18
V2-sebastian	1	2.19
V2-sebastian	1	2.17
V2-sebastian	1	2.15
V2-sebastian	1	2.15
V2-sebastian	1	2.20
V2-sebastian	1	2.20
V2-sebastian	1	2.20
V2-sebastian	1	2.19
V2-sebastian	1	2.15
V2-sebastian	1	2.15
V2-sebastian	1	2.20
V3-jiricsha	1	1.62
V3-jiricsha	1	1.60
V3-jiricsha	1	1.60
V3-jiricsha	1	1.62
V3-jiricsha	1	1.60
V3-jiricsha	1	1.59
V3-jiricsha	1	1.55
V3-jiricsha	1	1.56
V3-jiricsha	1	1.55
V3-jiricsha	1	1.60
V3-jiricsha	1	1.58
V3-jiricsha	1	1.55
V3-jiricsha	1	1.62
V3-jiricsha	1	1.57
V3-jiricsha	1	1.55
V3-jiricsha	1	1.57
V3-jiricsha	1	1.62
V3-jiricsha	1	1.65
V3-jiricsha	1	1.60
V3-jiricsha	1	1.61
V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.35
V1-Kelvin	2	2.34
V1-Kelvin	2	2.35
V1-Kelvin	2	2.34
V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.38
V1-Kelvin	2	2.37
V1-Kelvin	2	2.34
V1-Kelvin	2	2.33
V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.38
V1-Kelvin	2	2.38
V1-Kelvin	2	2.38

V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.36
V1-Kelvin	2	2.35
V1-Kelvin	2	2.33
V1-Kelvin	2	2.38
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.18
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.14
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.16
V2-sebastian	2	2.16
V2-sebastian	2	2.16
V2-sebastian	2	2.18
V2-sebastian	2	2.19
V2-sebastian	2	2.17
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.15
V2-sebastian	2	2.16
V2-sebastian	2	2.18
V2-sebastian	2	2.16
V2-sebastian	2	2.13
V2-sebastian	2	2.13
V2-sebastian	2	2.10
V3-jiricsha	2	1.58
V3-jiricsha	2	1.55
V3-jiricsha	2	1.55
V3-jiricsha	2	1.58
V3-jiricsha	2	1.56
V3-jiricsha	2	1.57
V3-jiricsha	2	1.54
V3-jiricsha	2	1.56
V3-jiricsha	2	1.56
V3-jiricsha	2	1.58
V3-jiricsha	2	1.57
V3-jiricsha	2	1.53
V3-jiricsha	2	1.53
V3-jiricsha	2	1.55
V3-jiricsha	2	1.54
V3-jiricsha	2	1.58
V3-jiricsha	2	1.55
V3-jiricsha	2	1.50
V3-jiricsha	2	1.53
V3-jiricsha	2	1.51
V1-Kelvin	3	2.33
V1-Kelvin	3	2.30
V1-Kelvin	3	2.31

V1-Kelvin	3	2.30
V1-Kelvin	3	2.25
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.29
V1-Kelvin	3	2.27
V1-Kelvin	3	2.26
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.25
V1-Kelvin	3	2.26
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.27
V1-Kelvin	3	2.30
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.25
V1-Kelvin	3	2.28
V1-Kelvin	3	2.29
V2-sebastian	3	2.20
V2-sebastian	3	2.15
V2-sebastian	3	2.18
V2-sebastian	3	2.16
V2-sebastian	3	2.17
V2-sebastian	3	2.15
V2-sebastian	3	2.19
V2-sebastian	3	2.19
V2-sebastian	3	2.18
V2-sebastian	3	2.17
V2-sebastian	3	2.14
V2-sebastian	3	2.13
V2-sebastian	3	2.11
V2-sebastian	3	2.15
V2-sebastian	3	2.15
V2-sebastian	3	2.13
V2-sebastian	3	2.16
V2-sebastian	3	2.10
V2-sebastian	3	2.16
V2-sebastian	3	2.15
V3-jiricsha	3	2.18
V3-jiricsha	3	1.78
V3-jiricsha	3	1.75
V3-jiricsha	3	1.75
V3-jiricsha	3	1.76
V3-jiricsha	3	1.75
V3-jiricsha	3	1.73
V3-jiricsha	3	1.75
V3-jiricsha	3	1.78
V3-jiricsha	3	1.76
V3-jiricsha	3	1.75

V3-jiricsha	3	1.74
V3-jiricsha	3	1.76
V3-jiricsha	3	1.74
V3-jiricsha	3	1.78
V3-jiricsha	3	1.74
V3-jiricsha	3	1.75
V3-jiricsha	3	1.77
V3-jiricsha	3	1.73
V3-jiricsha	3	1.78

VARIEDAD	BLOQUE	PESO DE PLANTA 06/11/25
V1-Kelvin	1	445
V1-Kelvin	1	450
V1-Kelvin	1	425
V1-Kelvin	1	440
V1-Kelvin	1	435
V1-Kelvin	1	445
V1-Kelvin	1	420
V1-Kelvin	1	435
V1-Kelvin	1	440
V1-Kelvin	1	445
V1-Kelvin	1	430
V1-Kelvin	1	450
V1-Kelvin	1	430
V1-Kelvin	1	425
V1-Kelvin	1	445
V1-Kelvin	1	450
V1-Kelvin	1	435
V1-Kelvin	1	445
V1-Kelvin	1	430
V1-Kelvin	1	425
V2-sebastian	1	340
V2-sebastian	1	325
V2-sebastian	1	330
V2-sebastian	1	325
V2-sebastian	1	335
V2-sebastian	1	325
V2-sebastian	1	315
V2-sebastian	1	345
V2-sebastian	1	335
V2-sebastian	1	325
V2-sebastian	1	330
V2-sebastian	1	325

V2-sebastian	1	340
V2-sebastian	1	330
V2-sebastian	1	345
V2-sebastian	1	325
V2-sebastian	1	330
V2-sebastian	1	340
V2-sebastian	1	315
V2-sebastian	1	319
V3-jiricsha	1	323
V3-jiricsha	1	175
V3-jiricsha	1	190
V3-jiricsha	1	178
V3-jiricsha	1	180
V3-jiricsha	1	186
V3-jiricsha	1	185
V3-jiricsha	1	175
V3-jiricsha	1	170
V3-jiricsha	1	175
V3-jiricsha	1	170
V3-jiricsha	1	173
V3-jiricsha	1	178
V3-jiricsha	1	176
V3-jiricsha	1	175
V3-jiricsha	1	180
V3-jiricsha	1	175
V3-jiricsha	1	174
V3-jiricsha	1	170
V3-jiricsha	1	170
V1-Kelvin	2	430
V1-Kelvin	2	435
V1-Kelvin	2	440
V1-Kelvin	2	430
V1-Kelvin	2	435
V1-Kelvin	2	425
V1-Kelvin	2	420
V1-Kelvin	2	425
V1-Kelvin	2	445
V1-Kelvin	2	430
V1-Kelvin	2	435
V1-Kelvin	2	425
V1-Kelvin	2	420
V1-Kelvin	2	445
V1-Kelvin	2	425
V1-Kelvin	2	420
V1-Kelvin	2	445
V1-Kelvin	2	425
V1-Kelvin	2	445
V1-Kelvin	2	445
V1-Kelvin	2	435

V2-sebastian	2	320
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	315
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	335
V2-sebastian	2	315
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	320
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	315
V2-sebastian	2	300
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	330
V2-sebastian	2	315
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	325
V2-sebastian	2	330
V2-sebastian	2	320
V2-sebastian	2	315
V2-sebastian	2	333
V3-jiricsha	2	150
V3-jiricsha	2	149
V3-jiricsha	2	135
V3-jiricsha	2	140
V3-jiricsha	2	145
V3-jiricsha	2	145
V3-jiricsha	2	135
V3-jiricsha	2	125
V3-jiricsha	2	125
V3-jiricsha	2	135
V3-jiricsha	2	133
V3-jiricsha	2	120
V3-jiricsha	2	120
V3-jiricsha	2	130
V3-jiricsha	2	130
V3-jiricsha	2	120
V3-jiricsha	2	123
V3-jiricsha	2	115
V3-jiricsha	2	125
V3-jiricsha	2	126
V1-Kelvin	3	480
V1-Kelvin	3	480
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	480
V1-Kelvin	3	470
V1-Kelvin	3	473
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	475

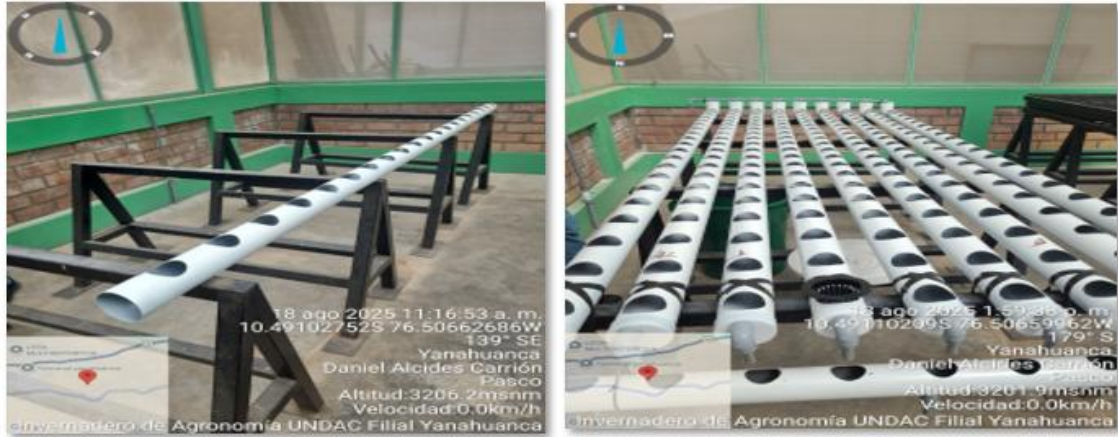
V1-Kelvin	3	480
V1-Kelvin	3	465
V1-Kelvin	3	477
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	468
V1-Kelvin	3	470
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	480
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	475
V1-Kelvin	3	478
V1-Kelvin	3	475
V2-sebastian	3	325
V2-sebastian	3	330
V2-sebastian	3	315
V2-sebastian	3	320
V2-sebastian	3	320
V2-sebastian	3	330
V2-sebastian	3	300
V2-sebastian	3	315
V2-sebastian	3	320
V2-sebastian	3	330
V2-sebastian	3	310
V2-sebastian	3	320
V2-sebastian	3	310
V2-sebastian	3	312
V2-sebastian	3	310
V2-sebastian	3	300
V2-sebastian	3	325
V2-sebastian	3	310
V2-sebastian	3	325
V2-sebastian	3	324
V3-jiricsha	3	270
V3-jiricsha	3	260
V3-jiricsha	3	265
V3-jiricsha	3	270
V3-jiricsha	3	268
V3-jiricsha	3	270
V3-jiricsha	3	260
V3-jiricsha	3	255
V3-jiricsha	3	260
V3-jiricsha	3	257
V3-jiricsha	3	256
V3-jiricsha	3	258
V3-jiricsha	3	268
V3-jiricsha	3	260
V3-jiricsha	3	257
V3-jiricsha	3	255

V3-jiricscha	3	270
V3-jiricscha	3	265
V3-jiricscha	3	268
V3-jiricscha	3	265

Anexo 4. Panel fotográfico

Procedimiento experimental

Instalación del sistema hidropónico continuo



Se instaló 9 canales de cultivo, con 20 agujeros en cada tubo haciendo un total de 180 agujeros, la distancia entre agujeros será de 5 cm y el espacio entre canales también de 5cm. Los canales de cultivo están apoyados sobre una estructura metálica de 95 cm de alto, así mismo está conectado a un tacho de 70 l.

Sistema de control



Análisis de agua



Para la configuración del sistema de control, se estableció un programa de riegos cada hora durante diez minutos iniciando desde las 8:00 – 8:10 am. hasta las 7:40 - 7:50 pm, todos los días. Se tomó una muestra para llevarlo al laboratorio de Huancayo donde analizo lo siguiente: pH, Concentración de nutrientes, Alcalinidad, cantidad de metales pesados

Obtención de plántulas



Se utilizó plántulas del vivero viva verde (Huánuco), seleccionamos las plántulas más sanas y vigorosas de cada variedad.



Las plántulas de apio se colocaron en las canastillas hidropónicas de 8 cm adecuadas para este cultivo junto con una esponja para mantener la humedad en la raíz, después se colocaron en los orificios del canal de cultivo.



Se llenó el tacho del sistema con 60 litros de agua, a los cuales se añadieron 300 mL de cada una de las soluciones nutritivas (A, B y C). Finalmente, prendimos el timer para activar la bomba.

Porcentaje de prendimiento



Se muestra el número total de plántulas por bloque, luego se evaluó las plántulas para la obtención del porcentaje de prendimiento dando como porcentajes en el bloque I K 100%, S 100% Y J 80%; en el bloque II K 100%, S 100% y J 85%; en el bloque III K 100%, S 100% Y J 100% siendo los resultados obtenidos

Altura de planta





Se evaluó la altura de las 20 plantas por parcela a los 20 días, 40 días, 60 días y a los 70 días, con ayuda de una regla de plástico de 60 cm de largo.

Número de hojas



Se evaluó el número de hojas de las 20 plantas por parcela a los 20 días, 40 días, 60 días y a los 70 días, en el formato establecido para poder digitalizarlo.

Peso de plantas



Después de la cosecha, se evaluó el peso de cada parcela, de las tres variedades por bloque, oscilando a los 435g en la variedad kelvin, 340g en la variedad de Sebastián y 186 g en variedad de Jiricsha con la ayuda de una balanza.

Diámetro de planta



Después de la cosecha, se evaluó el diámetro de cada planta, de las tres variedades por bloque, oscilando a los 2.28mm en la variedad kelvin, 2.17mm en la variedad de Sebastián y 1.75mm en variedad de Jiricsha con la ayuda de un vernier digital.