

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA SEMILLA PRE BÁSICA EN
OCHO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) BAJO EL SISTEMA
AEROPÓNICO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL ANDENES INIA-
ZURITE, CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. ZELMIRA ESPETIA HUAMAN

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

ASESORES:

Mgt. LUIS JUSTINO LIZÁRRAGA VALENCIA

Ing. LADISLAO PALOMINO FLORES

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

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

El que suscribe, el Asesor NOT. LUIS JUSTINO LIZARRAGA
VALENCIA quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE
LA SETILLA PRE BASICA EN OCHO VARIEDADES DE
PAPA (Solanum tuberosum) BAJO EL SISTEMA AEROPONICO
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL ANDENES INIA-ZURITE, CUSCO.

Presentado por: ZEIMIRA ESPETIA HUAMAN DNI N° 73634995;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AERONOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

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

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

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

Cusco, 11 de Septiembre de 2026

Firma

Post firma Luis J. Lizarraga Valencia

Nro. de DNI 23962170

ORCID del Asesor 0000-0001-5600-7998

Ladislao Palomino Flores DNI: 23833585

ORCID del Asesor: 0000-0002-2972-8818

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:623364846

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA SEMILLA PRE BÁSICA EN OCHO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosu...*

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:623364846

Fecha de entrega

11 sep 2026, 8:17 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 sep 2026, 9:35 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA SEMILLA PRE BÁSICA EN OCHO VARIEDADES DE PAPA (Sol....pdf

Tamaño del archivo

6.1 MB

155 páginas

33.627 palabras

164.320 caracteres

7% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

ÍNDICE

ÍNDICE	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Situación problemática.....	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
2.3. Justificación	4
III. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis general.....	6
3.2. Hipótesis específicas.....	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes de la investigación	7
4.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
4.1.2. Antecedentes nacionales	8
4.2. Bases teóricas	11
4.2.1. Generalidades del cultivo de papa	11
4.2.2. Clasificación taxonómica.....	11
4.2.3. Morfología	11

4.2.4. Variedades de papa	12
4.2.5. Sistema Aeropónico	30
4.2.6. Descripción del sistema aeropónico.....	31
4.2.7. Método tradicional	32
4.2.8. Producción de semilla pre básica de papa.....	33
4.2.9. Factores agronómicos que influyen en el rendimiento	35
4.3. Marco conceptual.....	38
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	40
5.1. Tipo de investigación.....	40
5.2. Ubicación espacial del campo experimental.....	40
5.2.1. Ubicación política	40
5.2.2. Ubicación geográfica	41
5.2.3. Ubicación hidrográfica.....	41
5.3. Zona de vida.....	41
5.3.1. Ubicación temporal.....	43
5.4. Lugar del Experimento:	43
5.5. Materiales y métodos	44
5.5.1. Materiales.....	44
5.5.2. Métodos.....	46
5.6. Diseño experimental	47
5.7. Conducción del experimento.....	51
5.8. Metodología para la Evaluación:	57
5.9. Evaluación por objetivos.....	58
5.9.1. Operacionalización de variables	60
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	61
6.1. Resultados del objetivo general	61

6.2. Resultados del objetivo específico 1	64
6.3. Resultados del objetivo específico 2	68
6.4. Resultados del objetivo específico 3	72
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	99
VIII. BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	109
Anexo 1: Matriz de Consistencia	110
Anexo 2: Evidencias fotográficas	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de la Variedad Capiro</i>	14
Tabla 2 <i>Características de la Variedad Peruanita</i>	16
Tabla 3 <i>Características de la Variedad Q'ompis</i>	18
Tabla 4 <i>Características de la Variedad INIA 309 - Serranita</i>	20
Tabla 5 <i>Características de la variedad Amarilla Tumbay</i>	22
Tabla 6 <i>Características de la Variedad Macctillo</i>	24
Tabla 7 <i>Características de la Variedad INIA 303 - Canchán</i>	27
Tabla 8 <i>Características de la Variedad Amarilis INIA</i>	29
Tabla 9 <i>Características agronómicas y procedencia geográfica del cultivo estudiado</i>	37
Tabla 10 <i>Distribución de los tratamientos</i>	48
Tabla 11 <i>Operacionalización de variables</i>	60
Tabla 12 <i>Informe de rendimiento por variedad de papa</i>	61
Tabla 13 <i>Informe comparación de rendimiento del sistema aeropónico y método tradicional</i>	64
Tabla 14 <i>Calidad y sanidad</i>	68
Tabla 15 <i>Resumen de calidad y sanidad por variedades</i>	69
Tabla 16 <i>Características agronómicas según variedad de papa</i>	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Papa Capiro	13
Figura 2 Papa Peruanita	15
Figura 3 Papa Q'ompis	17
Figura 4 Papa INIA 309 - Serranita	19
Figura 5 Papa Amarillo Tumbay	21
Figura 6 Papa Macctillo	23
Figura 7 Papa INIA 303 - Canchán	26
Figura 8 Papa Amarilis INIA.....	28
Figura 9 Mapa de ubicación de Anta.....	42
Figura 10 Esquema del diseño experimental	50
Figura 11 Propagación in vitro	52
Figura 12 Enraizamiento de plántulas	52
Figura 13 Limpieza y desinfección del invernadero.....	53
Figura 14 Trasplante de plántulas a los contenedores	54
Figura 15 Tutorado de plantas	55
Figura 16 Tubérculos cosechados.....	56
Figura 17 Informe de rendimiento por variedad de papa.....	61
Figura 18 Comparación de rendimiento bajo el sistema aeropónico y el método tradicional(unidades/planta).....	65
Figura 19 Calidad y sanidad por variedad de papa.....	69
Figura 20 Diámetro de tallo principal (cm)	74
Figura 21 Número de tallos secundarios (unidad).....	75
Figura 22 Altura de tallo principal (cm)	76
Figura 23 Número de estolones por planta(unidades)	77
Figura 24 Longitud de estolón por variedad (cm)	78
Figura 25 Número de tubérculos por estolón (unidad).....	79
Figura 26 Longitud de raíz por variedad (cm).....	80
Figura 27 Crecimiento semanal por planta – Variedad Capiro(cm).....	81
Figura 28 Crecimiento semanal por planta– Variedad Peruanita(cm).....	82
Figura 29 Crecimiento semanal por planta – Variedad Q'ompis(cm).....	83

Figura 30	Crecimiento semanal por planta– Variedad INIA 309 - Serranita(cm).....	84
Figura 31	Crecimiento semanal por planta – Variedad Amarilla Tumbay(cm)	85
Figura 32	Crecimiento semanal por planta– Variedad Macctillo(cm)	86
Figura 33	Crecimiento semanal por planta – Variedad INIA 303- Canchán(cm)	87
Figura 34	Crecimiento semanal por planta–Variedad Amarilis INIA (cm)	88
Figura 35	Días del periodo vegetativo – Variedad Capiro	89
Figura 36	Días del periodo vegetativo – Variedad Peruanita	90
Figura 37	Días del periodo vegetativo – Variedad Q’ompis	91
Figura 38	Días del periodo vegetativo – Variedad INIA 309 - Serranita	92
Figura 39	Días del periodo vegetativo – Variedad Amarilla Tumbay.....	93
Figura 40	Días del periodo vegetativo – Variedad Macctillo	94
Figura 41	Días del periodo vegetativo – Variedad INIA 303- Canchán	95
Figura 42	Días del periodo vegetativo – Variedad Amarilis INIA.....	96

RESUMEN

El objetivo central de la presente investigación consistió en evaluar el desempeño productivo sobre la semilla pre básica en ocho variedades de papa Capiro, Peruanita, Q'ompis, INIA 309 - Serranita, Amarilla Tumbay, Macctillo, INIA 303- Canchán y Amarilis INIA cultivadas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes del INIA-Zurite, Cusco. La presente investigación se enmarcó como aplicada, adoptando un enfoque cuantitativo, con nivel descriptivo-explicativo y mediante un diseño de bloques distribuidos aleatoriamente, con cuatro repeticiones por unidad experimental. Las variables analizadas incluyeron características agronómicas, calidad y sanidad, así como el rendimiento comparativo con el método tradicional. Los resultados mostraron que la variedad Peruanita alcanzó el mayor rendimiento (63,70 unidades/planta), seguida por Capiro (35,67 unidades/planta) y INIA 309 - Serranita (31,73 unidades/planta), mientras que Amarilis INIA (13,12 unidades/planta) y Macctillo (14,32 unidades/planta) obtuvieron los valores más bajos. En cuanto a las características agronómicas, Peruanita destacó por el número de estolones, tubérculos por estolón y adaptación al sistema aeropónico. Asimismo, se evidenció que Peruanita, Q'ompis y INIA 309 - Serranita presentaron los mejores índices de calidad y sanidad de las semillas. La comparación con el método tradicional demostró que el sistema aeropónico mejora significativamente el rendimiento y la calidad sanitaria en todas las variedades evaluadas. Se concluye que la aeroponía constituye una estrategia adecuada, sostenible además de adaptable para la generación de semilla pre básica de papa en zonas altoandinas, con resultados superiores en rendimiento, sanidad y eficiencia frente al método convencional.

Palabras clave: Papa, Semilla pre básica, Aeroponía, Rendimiento, Calidad.

ABSTRACT

The central objective of this research was to evaluate the productive performance of pre-basic seed in eight potato varieties Capiro, Peruanita, Q'ompis, INIA 309 - Serranita, Amarilla Tumbay, Macctillo, INIA 303- Canchán, and Amarilis INIA cultivated under the aeroponic system at the INIA-Zurite Experimental Center, Cusco. This study was applied, based on a quantitative methodology, featuring a descriptive-explanatory level and an experimental research design in completely randomized blocks (DBCA) with four replications. The variables analyzed included agronomic characteristics, quality and health, as well as yield compared to the traditional method. The results showed that the Peruanita variety achieved the highest yield (63.70 units /plant), followed by Capiro (35.67 units/plant) and INIA 309 - Serranita (31.73 units/plant), while Amarilis INIA (13.12 units/plant) and Macctillo (14.32 units/plant) obtained the lowest values. In terms of agronomic characteristics, Peruanita stood out for the number of stolons, tubers per stolon and adaptation to the aeroponic system. It was also found that Peruanita, Q'ompis and INIA 309 - Serranita presented the best seed quality and health indexes. Comparison with the traditional method showed that the aeroponic system significantly improved yield and sanitary quality in all the varieties evaluated. It is concluded that aeroponics constitutes an efficient, sustainable and adaptable alternative for the production of pre-basic seed potato in high Andean zones, with superior results in yield, health and efficiency compared to the conventional method.

Key words: Potato, Pre-basic seed, Aeroponics, Yield, Quality.

INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes, la agricultura ha experimentado dificultades notables derivadas de factores relacionados con el cambio en las condiciones climáticas, la escasez de agua, la degradación del suelo y la creciente demanda de alimentos por parte de una población en constante aumento. Estos retos han impulsado la búsqueda de métodos innovadores y sostenibles para la producción agrícola. Una de las técnicas que ha ganado considerable atención es la aeroponía, un sistema de cultivo sin suelo que ofrece numerosas ventajas en términos de eficiencia de recursos y rendimiento de cultivos.

La papa es uno de los cultivos alimentarios más relevantes globalmente. Sin embargo, su producción enfrenta varios desafíos, por ende, un aspecto crucial de la producción de papa es la obtención de semillas de alta calidad, ya que estas determinan en gran medida el éxito de las cosechas futuras. La implementación de sistemas aeropónicos en la producción de semillas de papa puede representar una solución viable para superar estas dificultades, mejorando la calidad y la cantidad del producto final.

El propósito de la presente investigación es establecer el potencial de la aeroponía para la producción de semilla prebásica de papa, evaluando sus beneficios y limitaciones en comparación con los métodos de cultivo convencionales. A través de una serie de experimentos controlados, se analizará el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas de papa en un sistema aeropónico, con un énfasis particular en la calidad de las semillas producidas. Además, se examinarán los aspectos económicos de esta tecnología para determinar su viabilidad como una alternativa sostenible para la agricultura moderna.

Autora.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

La producción de papa, cultivada en más de 150 países, constituye un componente fundamental para la seguridad alimentaria mundial, alcanzando una producción aproximada de 359 millones de toneladas en el año 2020, con proyecciones de crecimiento sostenido hacia el año 2030 (FAO, 2022). No obstante, uno de los principales problemas que enfrenta este cultivo es el bajo rendimiento asociado a la debilidad de los sistemas de producción de semillas, los cuales no logran garantizar la disponibilidad de semillas de calidad, afectando directamente la productividad agrícola. Esta situación se agrava en un contexto de cambio climático y crecimiento poblacional, incrementando los riesgos para la seguridad alimentaria global (IICA, 2021).

En este escenario, la producción de semillas prebásicas de papa bajo sistemas aeropónicos surge como una alternativa tecnológica orientada a mejorar el rendimiento y la resiliencia productiva frente a condiciones climáticas adversas, al permitir un mayor control sanitario y fisiológico del material vegetal (IFPRI, 2009).

En el contexto peruano, la problemática del rendimiento agrícola se ve intensificada por la degradación de los suelos y la limitada disponibilidad de recursos naturales, afectando especialmente a regiones altoandinas como Huancavelica y Cusco, donde las condiciones climáticas adversas y la incidencia de plagas reducen significativamente los rendimientos del cultivo de papa (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2024). En consecuencia, la insuficiente disponibilidad de semillas prebásicas de calidad compromete la productividad agrícola, generando impactos negativos tanto en la seguridad alimentaria como en la economía de los pequeños productores (Gobierno Regional Huancavelica, 2022).

Particularmente en la región Cusco, la producción de semilla prebásica de papa enfrenta desafíos críticos derivados del cambio climático y la erosión de los suelos, lo que limita el

rendimiento del cultivo y afecta el bienestar de los agricultores, quienes dependen en gran medida de semillas de baja calidad, incrementando su vulnerabilidad frente a plagas y enfermedades. En este contexto, resulta indispensable impulsar la producción y distribución de semillas prebásicas de alta calidad, promoviendo el uso de tecnologías innovadoras como la aeroponía, con la finalidad de maximizar el rendimiento, mejorar la calidad sanitaria del material vegetal y asegurar la sostenibilidad del sistema agroalimentario en estas regiones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el rendimiento de la semilla pre básica obtenida en ocho variedades de papa, bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la diferencia en el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco?
- ¿Cuál será el efecto del sistema aeropónico en la calidad y sanidad de las semillas pre básicas de papa de 8 variedades de papa en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco?
- ¿Cuáles serán las características agronómicas de las plantas de las ocho variedades de papa de semilla pre básica producidas bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento de la semilla pre básica obtenida en 8 variedades de papa, bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.
- Evaluar la calidad y sanidad de las 8 variedades de semillas pre básicas de papa bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.
- Determinar las características agronómicas de las plantas de las 8 variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.

2.3. Justificación

La aeroponía no solo ofrece una solución sostenible y eficiente para la producción de alimentos, sino que también promueve un impacto económico positivo al reducir costos operativos y aumentar la productividad. Esta técnica puede generar empleo y atraer inversiones, contribuyendo así a la creación de sistemas alimentarios más eficientes y resilientes. Al implementar y optimizar la aeroponía, se busca no solo mejorar la economía de los productores individuales, sino también impulsar la economía agrícola regional.

Desde una perspectiva social, la aeroponía puede empoderar a comunidades marginadas, tanto en zonas urbanas como rurales, al proporcionar acceso a técnicas agrícolas modernas y sostenibles. Esto mejora la calidad de vida, ofreciendo oportunidades de educación y formación que fomentan la autosuficiencia alimentaria. Además, al asegurar un suministro constante de

alimentos, esta técnica contribuye directamente a la seguridad alimentaria de las poblaciones vulnerables.

En términos ambientales, la aeroponía destaca por su uso eficiente del agua y la eliminación del uso de suelo, lo que reduce significativamente el impacto ambiental de la producción agrícola. Esta característica es especialmente crucial en áreas afectadas por el cambio climático y la escasez de agua, donde mantener la productividad agrícola sin agotar los recursos naturales es un desafío crítico. Por lo tanto, la aeroponía se presenta como una solución viable para la agricultura sostenible a largo plazo.

Desde el ámbito investigativo, es fundamental el uso de la aeroponía como una nueva tecnología que permite el desarrollo alimentario utilizando menos recursos en comparación con los sistemas convencionales. Además, aprovecha espacios limitados y eleva la producción, lo que es vital para el desarrollo de los agricultores dedicados a este ámbito. Esta tesis no solo busca generar información sobre el uso adecuado de este sistema, sino también contribuir con datos valiosos para futuras investigaciones, asegurando que el conocimiento adquirido sea accesible y aplicable en diversos contextos agrícolas y geográficos.

III. HIPÓTESIS

3.1. *Hipótesis general*

El sistema aeropónico mejorará significativamente el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas en ocho variedades de papa en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.

3.2. *Hipótesis específicas*

- El sistema aeropónico influyo de manera significativa el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas en comparación con el método tradicional de producción en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.
- El sistema aeropónico mejora significativamente la calidad y sanidad de las semillas pre básicas de papa en las ocho variedades evaluadas en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.
- Las plantas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico tienen características agronómicas superiores en comparación con aquellas cultivadas bajo sistemas tradicionales de cultivo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. Antecedentes internacionales

García et al. (2021) Presentó su trabajo de académico titulado: **“Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco - Coahuila, México.”** Tuvo como objetivo evaluar el impacto de la técnica de cultivo aeropónico utilizada en la obtención de minitubérculos de papa, en comparación con la producción en contenedores utilizando suelo o un sustrato a base de polvo de coco. Teniendo como resultados que el sistema aeropónico logró el máxima procesamiento de mini tubérculos de papa, siendo 4.4 veces superior a la obtenida en suelo. Las plantas cultivadas en sustrato de polvo de coco también presentaron un rendimiento superior al del suelo convencional, con un incremento del 40%. Sin embargo, la mayor productividad registrada en el sistema aeropónico se asoció a un notable aumento en la formación de estolones, alcanzando una cantidad 2.4 veces mayor que en suelo. En contraste, las plantas cultivadas en polvo de coco no lograron superar a las cultivadas directamente en suelo en este aspecto. Los mini tubérculos producidos en aeroponía y polvo de coco tuvieron un mayor peso que los producidos en suelo. En aeroponía, se obtuvieron 61% más mini tubérculos por estolón que en suelo, y en polvo de coco, el aumento fue del 13%. Aunque la aeroponía produjo más mini tubérculos, el 96.6% pesó menos de 50 g y solo el 3.4% fue mayor de 50.1 g, debido a la cosecha en el tamaño deseado. En comparación, el 19.8% y el 24.3% de los mini tubérculos en polvo de coco y suelo, respectivamente, pesaron más de 50.1 g. Por lo que concluyeron que la producción de mini tubérculos en el sistema aeropónico es un 417% superior a la obtenida en polvo de coco y un 551% mayor que la producida en suelo.

García, (2022); menciona en el trabajo de investigación titulado: **“Evaluación del cultivo de papa en condiciones de aeroponía - Teziutlán, Puebla, México.”**, tuvo como objetivo el

estudio del crecimiento y rendimiento de la papa bajo condiciones de aeroponía, examinando el impacto de distintos tamaños de semilla tubérculo y diversas densidades de plantación. El experimento fue llevado a cabo aplicando un diseño de bloques completamente aleatorizado. y empleó como material vegetal las variedades Fianna y Ágata. Se observó que Fianna tuvo el ciclo de cultivo más largo y, al mismo tiempo, destacó en términos de rendimiento. En cuanto al factor de densidad de plantación, los resultados mostraron resultados comparables en términos estadísticos, con la con la única diferencia en el peso promedio del tubérculo. La densidad de 16 plantas por metro cuadrado mostró un 42% más de peso promedio del tubérculo en comparación con la densidad de 26 plantas por metro cuadrado. Prescindiendo del tamaño del tubérculo semilla aplicado en el proceso de siembra, se observó que la fase de desarrollo interno y el estado de crecimiento de las semillas fueron parámetros cruciales para influir en el rendimiento. Las semillas de 5 gramos lograron un mayor rendimiento en comparación con las de 25 gramos. En general, la duración del ciclo no tuvo un impacto significativo en el peso de los tubérculos por planta, a diferencia del tamaño de la semilla, que sí mostró una correlación directa con el rendimiento.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Mateus (2010); en el trabajo de investigación titulado: **“Efecto del ambiente sobre la producción de mini tubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un sistema aeropónico – Lima, Santa Ana”**, tuvo como objetivo determinar la repercusión del medio ambiente en el proceso de crecimiento, desarrollo fisiológico y productividad de mini-tubérculos de 10 genotipos de tubérculos de papa generados bajo condiciones aeropónicas, junto con el análisis de la rentabilidad de dicha técnica. Se realizaron cinco ensayos en diferentes épocas de siembra utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, y los genotipos constituyeron los tratamientos. Los resultados más relevantes evidenciaron una considerable variabilidad en todas las variables evaluadas; el número de días hasta la tuberización

estuvo condicionado por el componente genético, la temperatura y la intensidad de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en condiciones de invernadero. Se observaron aumentos en la duración de los ciclos vegetativos en todos los genotipos evaluados, y tanto la altura como el peso seco de las plantas fueron superiores en las condiciones cálidas de la región Costera. El análisis AMMI indicó que, en el caso del rendimiento promedio, la cantidad de tubérculos por planta y el peso medio del tubérculo, la variabilidad estuvo determinada principalmente por el efecto genético, seguido por la interacción entre el genotipo y el ambiente. El genotipo Venturana (T2) tuvo el mejor rendimiento con 644 g por planta, mientras que Chucmarina (T1) se destacó en cuanto al número de tubérculos por planta, alcanzando un promedio de 60.17 mini-tubérculos, y evidenció una mayor estabilidad a través de los distintos ambientes evaluados. En contraste, los genotipos T3 (395434.1), T5 (397077.16) y T6 (397073.16) mostraron consistencia en los ambientes de prueba, aunque sus rendimientos y número de tubérculos por planta estuvieron por debajo del promedio general del experimento. Los mayores pesos promedio de tubérculo se registraron en los ambientes costeros (LM1, LM2 y LM3), superando a los obtenidos en las zonas altoandinas (HY1 y HY2). El análisis de viabilidad económica reveló que, con una inversión inicial cercana a los US\$ 9,000 y costos operativos de aproximadamente US\$ 1,526 por campaña, el sistema aeropónico resulta rentable siempre que se logren rendimientos superiores a 30 mini-tubérculos por planta y se mantenga un precio de venta de US\$ 0.22 por unidad.

Catire (2018); en el trabajo de investigación titulado: **“Producción de papa, variedad Yungay (*Solanum tuberosum*), bajo condiciones de invernadero, empleando módulo aeropónico - Huaraz, Ancash”**, tuvo como objetivo Determinar la producción de papa, variedad Yungay (*Solanum tuberosum*), en condiciones de invernadero empleando módulos Aeropónicos, como también determinar el rendimiento y las necesidades hídricas de la producción de papa,

donde obtuvo los siguientes resultados, las necesidades hídricas para el cultivo de papa, variedad Yungay (*Solanum tuberosum*), de los testigos (To), sembrados bajo las condiciones del invernadero, en todas sus etapas fenológicas, ha sido de 2,368.95 m³/ha. Las necesidades hídricas del cultivo de papa variedad Yungay (*Solanum tuberosum*) en los tratamientos con nebulización fueron las siguientes: T1 (15 minutos) requirió 1,942.00 m³/ha, T2 (20 minutos) 2,242.00 m³/ha y T3 (30 minutos) 2,444.10 m³/ha. En cuanto a los rendimientos, los testigos bajo condiciones similares a la siembra tradicional (To) alcanzaron un promedio de 785 kg/m². Para los sistemas aeropónicos con nebulización, los rendimientos fueron: 1.580 kg/m² en T1 (15 minutos), 0.670 kg/m² en T2 (20 minutos) y 0.507 kg/m² en T3 (30 minutos). Si bien los rendimientos entre los tratamientos T1, T2, T3 y el testigo (To) pueden considerarse relativamente similares, estos resultados están influenciados por las condiciones de manejo bajo invernadero. No obstante, al comparar los rendimientos obtenidos en estos tratamientos con los promedios nacionales reportados para pequeños agricultores en sistemas tradicionales (14,791 kg/ha, según el MINAGRI), se evidencia un nivel de producción inferior, situando a estos sistemas en un rango de agricultura de baja productividad.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Generalidades del cultivo de papa

La papa, un cultivo esencial en la alimentación global, es originaria de la región andina de Sudamérica, ha sido domesticado y cultivado desde tiempos antiguos debido a su versatilidad y valor nutritivo. Existen diversas especies y variedades que presentan características distintivas en términos de forma, color de piel y pulpa. La papa se cultiva en una amplia gama de climas y suelos, adaptándose a diferentes condiciones y ciclos de crecimiento. Su estructura incluye un tallo aéreo tradicionalmente aporcado en su producción y la conformación de estolones que permiten el desarrollo del tubérculo (Ministerio del Ambiente, 2019).

4.2.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del cultivo de papa se realizó de acuerdo con el sistema propuesto por Hawkes (1990) y actualizado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Ministerio del Ambiente (2019), quedando establecida de la siguiente manera:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta (Angiospermae)
- **Clase:** Magnoliopsida (Eudicotyledoneae)
- **Orden:** Solanales
- **Familia:** Solanaceae
- **Género:** *Solanum*
- **Especie:** *Solanum tuberosum* L.

4.2.3. Morfología

La papa pertenece a la familia Solanaceae, siendo las especies cultivadas mayoritariamente tetraploides ($2n = 48$), aunque también se encuentran algunas triploides, pertenecientes a las especies *Solanum tuberosum* y *Solanum andigenum*. *S. tuberosum* se caracteriza por tener un ciclo

de crecimiento corto (90 a 100 días), tubérculos de forma alargada, piel lisa, yemas superficiales, pulpa de color crema a amarilla, y piel que puede variar entre rosada, roja o beige. Por otro lado, *S. andigenum* presenta un ciclo más largo, es propia de días largos, con piel de diversos colores y pulpa blanca o amarilla. Algunas variedades cultivadas son híbridos o combinaciones de ambas especies. Botánicamente, la papa es una planta herbácea, anual y suculenta, con un tallo aéreo que puede ser hueco, ramificado y de sección transversal triangular. El tallo principal es aquel que se desarrolla directamente a partir del tubérculo, mientras que las ramificaciones laterales se denominan tallos secundarios. Las hojas son alternas al igual que los estolones; consisten en un pecíolo con folíolo terminal; folíolos laterales secundarios y a veces terciarios intersticiales (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2004).

4.2.4. Variedades de papa

Las variedades de papa se refieren a las diferentes formas cultivadas del tubérculo (*Solanum tuberosum*), siendo las nativas, resultado de un proceso ancestral de domesticación y selección realizado por los habitantes de las regiones altoandinas, sin intervención genética moderna, siendo híbridos naturales de distintas especies y las variedades mejoradas o modernas se obtienen a través de la hibridación y selección genética, llevadas a cabo por fitomejoradores y agricultores (Monteros & Reinoso, 2010). Estas variedades difieren en aspectos como el color de la piel y de la pulpa, que puede variar desde blanco, amarillo y rojo hasta morado y azul. También varían en tamaño y forma, con algunas produciendo tubérculos pequeños y redondos, mientras que otras pueden ser grandes y oblongas. Además, las variedades de papa se distinguen por sus diferentes texturas, que pueden ser desde harinosas hasta cerosas.

A. Variedad Capiro

La papa (*Solanum tuberosum phureja*), originaria de la sierra colombiana, ha experimentado un cambio significativo en su cadena de suministro de semillas. Originalmente, las semillas de capiro se obtenían de productores no especializados en semillas ubicados en el Valle del Mantaro. Sin embargo, actualmente se adquieren de productores semilleros en Ayacucho. Este cambio ha sido crucial, dado que anteriormente, el cultivo de la papa capiro representaba el 23% del área total sembrada, subrayando su importancia agrícola en la región (Fomento de la vida: Fovida, 2010) .

Figura 1

Papa Capiro



Nota. Extraído de (Cipotato, 2010)

Tabla 1*Características de la Variedad Capiro*

Nomenclatura	
Nombre común	Capiro
Sinónimos	Papa Capiro
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>
Abundancia	Común en zonas altoandinas
Ploidía	2n = 4x = 48
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento	Semierecto
Color primario de la flor	Verde con pigmentaciones purpúreas leves
Color secundario de la flor	Verde oscuro
Distribución color secundario de la flor	Violeta claro
Grado de floración	Profuso
Color del tallo	Verde con pocas manchas
Forma del tubérculo	Redondeado
Color primario de la piel del tubérculo	Morado claro
Color secundario de la piel del tubérculo	No tiene
Color primario de la carne del tubérculo	Blanco
Color secundario de la carne del tubérculo	Amarilla
Color predominante del brote	purpura
Características agronómicas	
Época de Cosecha	Marzo y junio
Rendimiento relativo (Tn/Ha)	22
Período de maduración (días)	150
Rango de altitud	3,500 a 4,000 msnm.
Características organolépticas	27 % de materia seca
Procedencia	
Región natural de producción	Suní o Jalca
Departamentos/ regiones	Cusco, Puno, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Pasco, Huánuco, Áncash, y también zonas altoandinas de Bolivia (La Paz, Potosí, Chuquisaca, Cochabamba) y del norte de Argentina (Jujuy, Salta)
Provincias	Quispicanchis, Calca, Canchis, Chumbivilcas, Espinar, Anta, Paruro, Acomayo, entre otras en Cusco; Sandia, Carabaya en Puno; Andahuaylas en Apurímac, y provincias homólogas en los demás departamentos mencionados.

Fuente: *Elaborado a base de International Potato Center*

B. Variedad Peruanita

Las características de la planta (*Solanum tuberosum ssp andigena*), incluyen un tamaño mediano, con 1 a 3 tallos de color marrón verdoso y hojas de tamaño mediano de color verde oscuro. Las flores son de color violeta con una floración regular. La tuberización es medianamente dispersa, con un periodo vegetativo de 160 días y un rendimiento de hasta 20 t/ha. En cuanto al tubérculo, tiene una forma oval chata, de tamaño mediano a pequeño, con ojos superficiales y piel de color rojo con bandas amarillas. La carne es blanca (Cahuana & Arcos, 2002).

Figura 2

Papa Peruanita



Nota: Extraído de (Cahuana & Arcos, 2002)

Tabla 2*Características de la Variedad Peruanita*

Código del CIP	703356
Nomenclatura	
Nombre común	Peruanita
Sinónimos	Jilguero, Kaswash Munilla, Milagro
Significado	Peruanita
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> (Juz. et Buk.)
Abundancia	Hawkes
Ploidía	Común $2n = 4x = 48$
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento	Decumbente
Color primario de la flor	Rojo morado (intenso)
Color secundario de la flor	Ausente
Distribución color secundario de la flor	Ausente
Grado de floración	Profuso
Color del tallo	Verde con pocas manchas
Forma del tubérculo	Comprimido, con ojos medianamente profundos
Color primario de la piel del tubérculo	Rojo morado
Color secundario de la piel del tubérculo	Amarillo en manchas dispersas y como anteojos
Color primario de la carne del tubérculo	Amarillo
Color secundario de la carne del tubérculo	Ausente
Color predominante del brote	Rojo
Características agronómicas	
Rendimiento relativo (Tn/Ha)	20
Período de maduración (días)	150
Rango de altitud	3,500 a 4,000 msnm.
Características organolépticas	30% de materia seca
Procedencia	
Región natural de producción	Suní o Jalca
Departamentos/ regiones	Huánuco, Cerro de Pasco, Junín, Huancavelica, Ancash, Ayacucho, Lima, Apurímac, Cusco.
Provincias	Huánuco, Dos de Mayo, Huamalíes, Pachitea / Daniel Alcides Carrión, Pasco/Concepción, Huancayo, Jauja, Tarma, Junín / Huamanga, Páucar del Saran Sara, Víctor Fajardo / Cajatambo, Yauyos, Huarochirí, Oyón, Canta / Antabamba, Andahuaylas, Chincheros / Paucartambo, Quispicanchis, Anta, Calca.

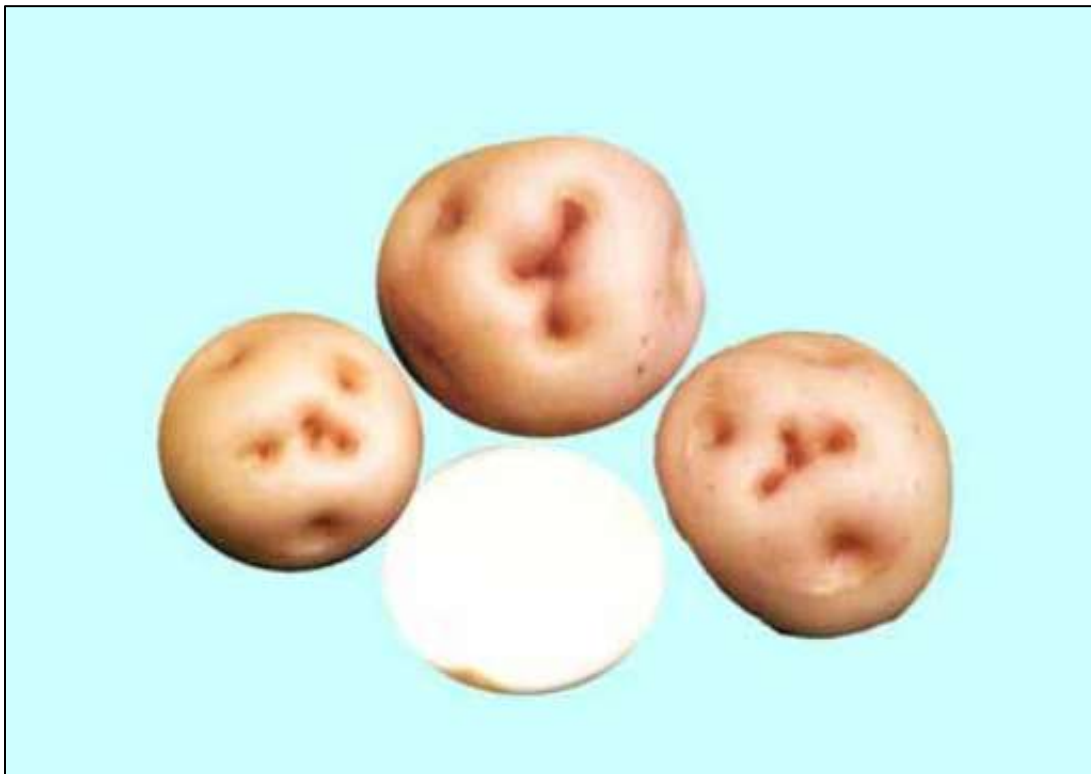
Fuente: Elaborado a base de Gómez, Roca (CIP) 2008, (FEDECH), 2006 Y COSIO 2006

C. Variedad Q'ompis

Las características de la planta (*Solanum tuberosum ssp. andigena*) incluyen un tamaño mediano a alto, con 2 a 5 tallos de color verde y hojas de tamaño mediano también verdes. Las flores son blancas y abundantes. La tuberización es semiprofunda y semidispersa, con un periodo vegetativo de 155 a 160 días y un rendimiento de hasta 30 t/ha. En cuanto al tubérculo, su forma es redondeada, de tamaño mediano a grande, con ojos profundos y piel de color rosado. La carne es de color blanco (Cahuana & Arcos, 2002)

Figura 3

Papa Q'ompis



Nota: Extraído de (Cahuana & Arcos, 2002)

Tabla 3*Características de la Variedad Q'ompis*

Código del CIP	700921
Nomenclatura	
Nombre común	Q'ompis
Sinónimos	Puka Q'ompis, Paqo Imilla, Papa Rosada, Yuraq Sisa, Papa Risko, Risko Papa, Bayo Risko, Pati Imilla, Imilla Rosada, Rosada.
Información general	
Especie	<i>Solanum tuberosum ssp. Andigena</i> (Juz. et Buk.) Hawkes
Abundancia	Común
Ploidía	2n=4x=48
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento	Erecta
Color del tallo	Verdes.
Forma de las alas del tallo	Onduladas.
Forma de hoja	Diseccionado
Numero de foliolos laterales	Cinco pares
Tipo de floración	Floración profusa, con pedicelo verde a lo largo y en la articulación.
Color de Cáliz	Verde con simetría regular
Forma de Corola	Rotada de color blanco.
En anteras	Sin antocianina
Estambres	Normales
Pistilo	Sin pigmentación
Forma de estigma	Capitata
Formación de bayas	Abundante de color verde
Forma de baya	Cónica
Forma del tubérculo	Comprimido
Forma de ojos	Profundos
Color primario de la piel del tubérculo	Rosado
Color secundario de la piel del tubérculo	Ausente
Color primario de la carne del tubérculo	Crema
Color secundario de la carne del tubérculo	Ausente
Tipo de Piel	Lisa

Fuente: *Elaborado a base de Gómez, Roca (CIP) 2008 Y COSIO 2006*

D. Variedad INIA 309 - Serranita

La variedad de papa INIA 309 - Serranita (*Solanum tuberosum*) presenta un hábito de crecimiento semi erecto, con flores de color lila intermedio y acumen blanco. Los botones florales suelen abortar, y el tallo es verde con pocas manchas. Los tubérculos tienen una forma oblonga aplanada, con piel de color rojo-morado intenso y carne amarilla sin presencia de color secundario. Los brotes son predominantemente morados. En cuanto a sus caracteres agronómicos, tiene un rendimiento relativo moderado, con un promedio de 3 a 4 tubérculos por planta. Es resistente a la rancha, pero susceptible a la helada, con un porcentaje de materia seca de 20.9%. El tiempo de almacenamiento es de 3 a 4 meses, y se adapta tanto a zonas bajas como altas (Centro Internacional de la Papa (CIP), 2015)

Figura 4

Papa INIA 309 - Serranita



Nota: Extraído de (Centro Internacional de la Papa (CIP), 2015)

Tabla 4*Características de la Variedad INIA 309 - Serranita*

Nomenclatura	
Nombre común	INIA 309 - Serranita
Sinónimos	Papa INIA 309 - Serranita, Amarilla INIA 309 - Serranita
Significado	Denominación local que hace referencia a su origen en zonas serranas altoandinas.
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>
Abundancia	Común en zonas de sierra central
Ploidía	2n = 4x = 48
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento:	Semierecto
Color del tallo:	Verde con pigmentación rojiza
Color de hojas:	Verde medio a oscuro
Color de flor:	Rojo
Forma del tubérculo:	Redondo
Forma de ojos:	Superficiales a medianamente profundos
Color de piel del tubérculo:	Morado
Color de carne del tubérculo:	Amarilla clara
Color de brote:	Morado claro
Características agronómicas	
Época de Cosecha	Abril y Julio
Rendimiento relativo (Tn/Ha)	18 a 20
Período de maduración (días)	140 a 150
Rango de altitud	3.000 a 3.800 m s.n.m.
Características organolépticas	25 % de materia seca; buena textura al cocer, ideal para consumo directo
Procedencia	
Región natural de producción	Quechua y Suni
Departamentos/ regiones	Huancavelica, Junín, Pasco, Ayacucho, Apurímac, Cusco
Provincias	Tayacaja, Churcampá, Concepción, Jauja, Satipo, Huamanga, Andahuaylas, Canchis, Quispicanchis

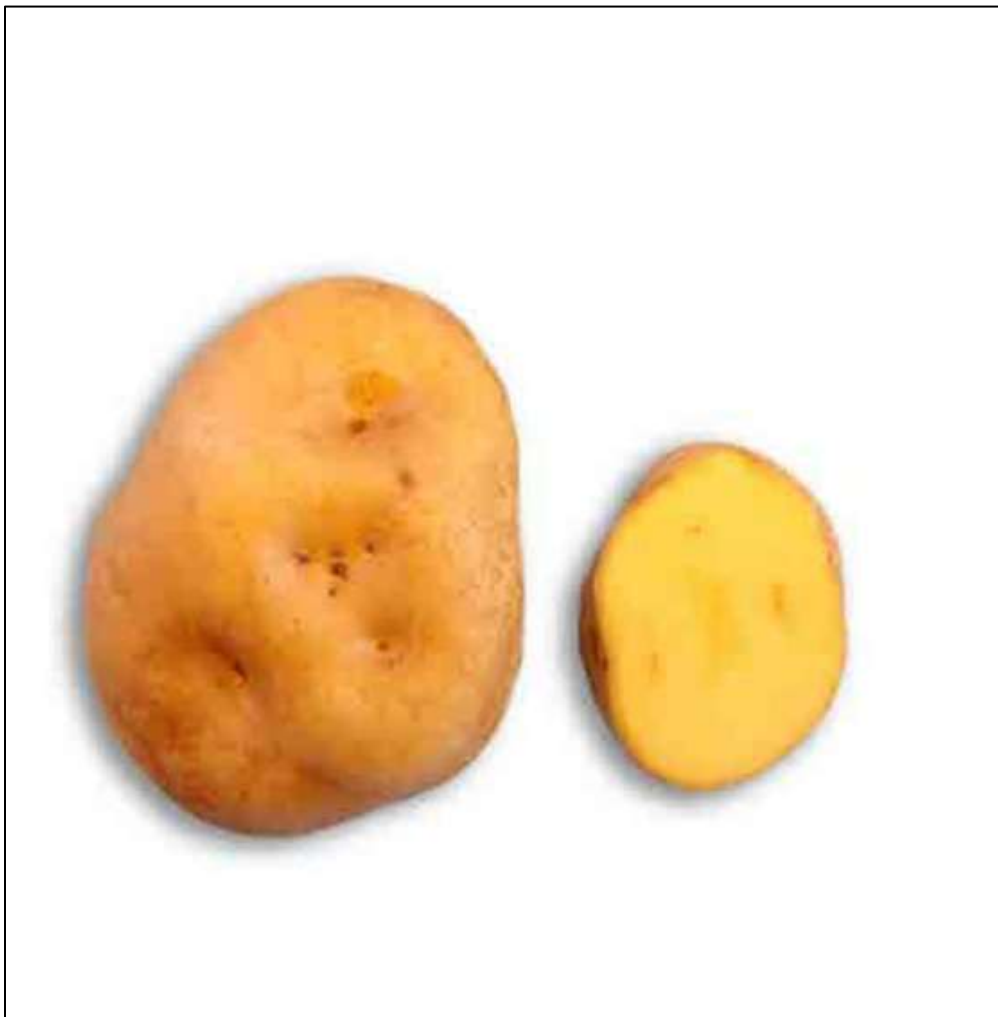
Fuente: *Elaborado a base de MINAGRI*

E. Variedad Amarilla Tumbay

La planta (*Solanum goniocalyx*) presenta un hábito de crecimiento semi erecto, con flores de color morado y hojas disectadas. El tubérculo es de forma redonda, con piel de color blanco crema y pulpa de color crema. Es una planta adaptable a suelos francos, arenosos, limosos y arcillosos, con una presencia en la zona de aproximadamente 25 años y tolerancia a heladas. Tiene un ciclo vegetativo de 140 a 160 días y un rendimiento de 0.8 kg por planta. (PRODERN, 2018)

Figura 5

Papa Amarillo Tumbay



Nota: Extraído de (PRODERN, 2018)

Tabla 5*Características de la variedad Amarilla Tumbay*

Código del CIP	706746
Nomenclatura	
Nombre común Sinónimos	Amarilla Tumbay Chiaquil, Tumbay, Papa Amarilla, Amarilla, Tumbuy.
Información General	
Especie	<i>Solanum goniocalyx</i>
Abundancia	Poco común
Ploidía	2n=2x=24
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento Color del tallo Color de Hojas Color de flor Forma del tubérculo Forma de ojos Color de piel del tubérculo Color de carne del tubérculo Color de brote	Erectas. Verde con pigmentación morada. Verde oscuras con inter-hojuelas Rojizo. Comprimido Profundos Amarillo claro Amarilla Verde
Características agronómicas	
Época de cosecha	Diciembre a junio o abril a setiembre
Rendimiento Experimental (Ton/Ha)	15
Período de maduración (días)	150
Rango de altitud	2.800 a 3.800 msnm.
Características organolépticas	24 % de materia seca
Procedencia	
Región natural de producción Departamentos/ regiones Provincias	Quechua, Suni o Jalca. Cerro de Pasco, Huánuco, Junín, Lima. Pasco, Daniel Alcides Carrión / Dos de Mayo, Huamalíes, Pachitea / Concepción, Tarma / Huarochirí.

Fuente: *Elaborado a base de Gómez, Roca (CIP) 2008 Y COSIO 2006*

F. Variedad Macctillo

La variedad de papa (*Solanum tuberosum ssp andigena*) presenta un hábito semi erecto con tallos de color verde, salpicados con algunas manchas. Las hojas tienen una forma disectada, con cuatro pares de foliolos laterales y cuatro o más pares de hojuelas intermedias entre los foliolos laterales, sin hojuelas sobre los peciolulos. La floración es profusa, con flores de color azul morado intenso oscuro y una forma pentagonal en la corola. Los cálices son verdes con manchas, mientras que las bayas son ovoides con un color verde y un área pigmentada. La planta alcanza la madurez en un rango de 120 a 150 días. En cuanto al tubérculo, su piel es de un morado intenso oscuro sin color secundario, mientras que la pulpa presenta un color crema con un anillo vascular y medula morados (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2009).

Figura 6

Papa Macctillo



Nota: Extraído de (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2009)

Tabla 6*Características de la Variedad Macctillo*

Código del CIP	706432
Nomenclatura	
Nombre común	Macctillo
Sinónimos	Papa Macctillo, Papa Negra, Negra Macctillo
Significado	Nombre quechua que alude a la pigmentación oscura de la piel del tubérculo
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum ssp andígena</i>
Abundancia	Poco común
Ploidía	2n = 2x = 24
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento:	Erecta
Color del tallo:	Verde con pigmentaciones moradas
Color de hojas:	Verde medio con folíolos pequeños
Color de flor:	Azul morado
Forma del tubérculo:	Elíptico/Alargado
Forma de ojos:	Profundos
Color de piel del tubérculo:	Morado
Color de carne del tubérculo:	Amarilla pálida
Color de brote:	Morado intenso
Hábito de crecimiento:	Erecta
Color del tallo:	Verde con pigmentaciones moradas
Color de hojas:	Verde medio con folíolos pequeños
Características agronómicas	
Época de Cosecha	Marzo a junio
Rendimiento relativo (Tn/Ha)	14 a 16
Período de maduración (días)	145 a 160
Rango de altitud	3.000 a 4.000 m s.n.m.
Características organolépticas	26 % de materia seca; textura suave, ideal para hervido
Procedencia	
Región natural de producción	Suni y Quechua
Departamentos/ regiones	Cusco, Apurímac, Huancavelica, Puno
Provincias	Canas, Chumbivilcas, Andahuaylas, Huancavelica, Melgar, Carabaya

Fuente: *Elaborado a base de MINAGRI*

G. Variedad INIA 303- Canchán

La variedad de papa (*Solanum tuberosum*) es el resultado de una colaboración entre tanto el Centro Internacional de la Papa (CIP) como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) impulsan el progreso del cultivo de papa. En particular, el CIP desarrolla materiales genéticos avanzados mediante procesos de mejoramiento genético y los envía a programas nacionales en países en desarrollo para su evaluación y selección de variedades con características deseables, como resistencia a enfermedades. Tras realizar múltiples ensayos en diversas regiones, el INIA identificó a INIA 303 - Canchán como una variedad destacada debido a su precocidad, alto potencial de rendimiento y tolerancia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), una enfermedad que causa grandes pérdidas en el cultivo de papa. La planta de INIA 303 - Canchán tiene un buen vigor, alcanza una altura media de 90 cm, y presenta de 4 a 6 tallos verdes claros. Sus hojas son de tamaño mediano y también de color verde claro, mientras que las flores son lilas y su floración es escasa. La variedad produce bayas pocas y tiene un buen desarrollo radicular con estolones cortos. Su período vegetativo es de 120 días, y los tubérculos, que varían de medianos a grandes, tienen una forma redonda, una piel roja, y pulpa blanca con una profundidad de ojos superficial. La variedad tiene un contenido de materia seca del 25% (Instituto de Innovación Agraria, 2012).

Figura 7

Papa INIA 303 - Canchán



Nota: Extraído de (Instituto de Innovación Agraria, 2012)

Tabla 7*Características de la Variedad INIA 303 - Canchán*

Código del CIP	800202
Nomenclatura	
Nombre común	Canchán
Sinónimos	Papa INIA 303 - Canchán, Papa Rosada
Significado	Término quechua vinculado a su uso frecuente en cocción ("kancha" significa tostar o cocinar)
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>
Abundancia	Muy común
Ploidía	2n = 4x = 48
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento:	Semierecta
Color del tallo:	Verde con tonos rojizos
Color de hojas:	Verde medio, compuestas
Color de flor:	No cuenta con floración
Forma del tubérculo:	Redondo
Forma de ojos:	Superficiales
Color de piel del tubérculo:	Rojo
Color de carne del tubérculo:	Crema clara
Color de brote:	Verde con tonos rojizos
Características agronómicas	
Epoca de Cosecha	Abril a julio
Rendimiento relativo (Tn/Ha)	20 a 25
Período de maduración (días)	120 a 135
Rango de altitud	2.800 a 3.800 m s.n.m.
Características organolépticas	21–23 % de materia seca; buena cocción, ideal para consumo fresco y sopas
Procedencia	
Región natural de producción	Suni y Quechua
Departamentos/ regiones	Junín, Huánuco, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Puno
Provincias	Huancayo, Concepción, Tarma, Huamanga, Andahuaylas, San Román, Canchis

Fuente: *Elaborado a base de MINAGRI*

H. Variedad Amarilis INIA

La variedad Amarilis INIA (*Solanum phureja*) es fruto de la colaboración entre el Centro Internacional de la Papa (CIP) y agricultores de Huánuco y Cajamarca desde 1986. La planta exhibe un follaje verde claro y un porte mediano y erguido al madurar. Sus hojas, con foliolos anchos, y una abundante floración de flores blancas, contrastan con la escasa formación de frutos. Los tubérculos, que tienen una forma ovalada y chata, alcanzan un tamaño mediano a grande en 100 días, lo que los hace aptos para el mercado. La piel de los tubérculos es amarilla, además, INIA 302 Amarilis INIA se distingue por su notable capacidad de conservación y su resistencia al hongo (*Phytophthora infestans*), causante de la rancia, lo que la convierte en una opción valiosa para los agricultores.

Figura 8

Papa Amarilis INIA



Nota: Extraído de Dirección Regional de Agricultura

Tabla 8*Características de la Variedad Amarilis INIA*

Código del CIP	800824
Nomenclatura	
Nombre común Sinónimos Significado	Amarilis INIA Papa Amarilis INIA Nombre asignado por el programa de mejoramiento del INIA; alude a una variedad mejorada de amplia aceptación.
Información General	
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>
Abundancia	Muy común (variedad mejorada de amplia difusión)
Ploidía	$2n = 4x = 48$
Descripción morfológica	
Hábito de crecimiento: Color del tallo: Color de hojas: Color de flor: Forma del tubérculo: Forma de ojos: Color de piel del tubérculo: Color de carne del tubérculo: Color de brote:	Semierecta Verde con pigmentaciones moradas Verde oscuro Blanco Ovalado Superficiales Amarillo Amarilla Verde con pigmentación morada
Características agronómicas	
Epoca de Cosecha Rendimiento relativo (Tn/Ha) Período de maduración (días) Rango de altitud Características organolépticas	Abril a agosto 30 a 35 120 a 130 2.800 a 3.600 m s.n.m. 22 % de materia seca; buena textura, excelente para hervido y sopas
Procedencia	
Región natural de producción	Suni y Quechua
Departamentos/ regiones	Junín, Huánuco, Pasco, Lima, Ayacucho
Provincias	Jauja, Tarma, Concepción, Ambo, Oxapampa, Huamanga

Fuente: *Elaborado a base de INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria)*

4.2.5. Sistema Aeropónico

El sistema aeropónico es una técnica de producción agrícola sin suelo, donde las raíces permanecen expuestas al aire y reciben de forma directa la solución nutritiva necesaria para su desarrollo a través de la aplicación directa de soluciones nutritivas en forma de niebla o microgotas. A diferencia de la hidroponía, donde las raíces permanecen sumergidas o en contacto con una solución líquida, la aeroponía proporciona oxigenación constante y un control más preciso de los nutrientes y del entorno de crecimiento. Esta tecnología ha demostrado ser altamente eficiente en términos de uso de agua, espacio y rapidez en el desarrollo vegetal (Resh, 2013).

Una de las principales ventajas del sistema aeropónico frente a métodos convencionales como el cultivo en suelo o incluso la hidroponía, es la mayor disponibilidad de oxígeno para las raíces, permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que conlleva, un crecimiento más vigoroso. Además, permite un monitoreo riguroso del ambiente radicular, minimiza la aparición de enfermedades transmitidas por el suelo y reduce significativamente el consumo de agua y fertilizantes (FAO, 2021). Por su carácter limpio y controlado, este sistema es ideal para la producción de material vegetal de alta calidad, como es el caso de la semilla pre básica de papa.

En el cultivo de papa, la aeroponía ha cobrado especial relevancia en la producción de mini tubérculos libres de patógenos, especialmente en programas de mejoramiento genético o multiplicación de semilla. Este sistema facilita una alta densidad de siembra, ciclos productivos más cortos y mayor número de tubérculos por planta. Según Otazu (2010), los sistemas aeropónicos permiten obtener hasta 10 veces más mini tubérculos por unidad de área respecto al cultivo convencional en campo abierto, lo cual representa una alternativa viable y sostenible en zonas con limitaciones agroecológicas.

Desde el punto de vista técnico, los parámetros clave en un sistema aeropónico incluyen la frecuencia y duración de la nebulización, el tamaño de gota, la concentración de nutrientes, el soporte físico de las plantas y la oxigenación del entorno radicular. La nebulización suele realizarse en intervalos de 15 a 30 minutos, con soluciones ajustadas a las necesidades fenológicas del cultivo. El uso de mallas o soportes de espuma permite sostener las plantas sin dañar sus raíces, mientras que el entorno cerrado evita la contaminación cruzada. Estas condiciones favorecen un ambiente óptimo para el desarrollo de raíces sanas y eficientes, lo cual es esencial en la producción de semilla de calidad (Kumar y otros, 2022).

4.2.6. Descripción del sistema aeropónico

El funcionamiento del sistema aeropónico se basa en el suministro controlado de agua y nutrientes a las raíces de las plantas, las cuales permanecen suspendidas en el aire dentro de una cámara de crecimiento cerrada y protegida de la luz. Las plantas se colocan en orificios ubicados en la parte superior de la cámara y son sostenidas mediante soportes de poliestireno expandido, permitiendo que el follaje permanezca en el exterior mientras el sistema radicular queda completamente libre en el interior de la cámara.

La solución nutritiva se prepara en un tanque de almacenamiento que contiene agua y los macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento del cultivo, la cual es impulsada por una motobomba o electrobomba a través de una red de tuberías hacia los nebulizadores o microaspersores instalados dentro de la cámara aeropónica. Estos dispositivos pulverizan la solución en forma de microgotas o niebla fina, cubriendo uniformemente las raíces y favoreciendo una rápida absorción de agua y nutrientes.

La nebulización se realiza de forma intermitente mediante un temporizador o controlador automático que regula la frecuencia y duración de cada ciclo de riego. Entre un ciclo y otro, las

raíces permanecen expuestas al aire, lo que garantiza una elevada disponibilidad de oxígeno y mejora la respiración radicular. Este proceso favorece el crecimiento vegetativo, el desarrollo del sistema radicular y la formación de mini tubérculos, además de reducir el riesgo de pudriciones ocasionadas por el exceso de humedad (Resh, 2013).

El excedente de solución nutritiva que no es absorbido por las raíces es recolectado nuevamente en el tanque de almacenamiento para ser filtrado y reutilizado, optimizando el consumo de agua y fertilizantes, esta actividad del cambio de solución nutritiva se realiza cada 15 días (Otazu, 2010).

4.2.7. Método tradicional

El método tradicional se realiza mediante el establecimiento de plántulas provenientes de tejidos, en sustratos a base de tierra previamente acondicionados y desinfectados, con el objetivo de proporcionar un medio adecuado para el desarrollo radicular y la formación de los tubérculos. Este sistema utiliza mezclas de suelo agrícola con materiales orgánicos o inertes que mejoran las propiedades físicas del sustrato, permitiendo un adecuado suministro de agua, aire y nutrientes. A diferencia de los sistemas sin suelo, el cultivo en sustrato de tierra aprovecha la capacidad de retención de humedad y el soporte natural del suelo, constituyendo una tecnología ampliamente utilizada por su simplicidad, menor costo de implementación y facilidad de manejo. Una de las principales ventajas de este sistema es que proporciona un ambiente favorable para la adaptación de las plántulas obtenidas *in vitro* durante la fase de aclimatación, favoreciendo el desarrollo gradual del sistema radicular antes de la tuberización. Asimismo, el uso de sustratos desinfectados y manejados bajo condiciones protegidas reduce la incidencia de enfermedades y plagas transmitidas por el suelo, permitiendo obtener material de propagación con altos estándares sanitarios. Además, este sistema requiere menor inversión en infraestructura que los sistemas

aeropónicos y puede implementarse fácilmente en viveros o módulos de producción de semilla prebásica (FAO, 2021).

En la producción de semilla prebásica de papa, el sistema tradicional en sustrato de tierra continúa siendo una alternativa ampliamente empleada por instituciones de investigación y programas de producción de semilla certificada. Bajo condiciones de invernadero o casa malla, las plantas desarrollan mini tubérculos de buena calidad fisiológica y sanitaria, siempre que se mantenga un adecuado manejo del riego, la fertilización y el control fitosanitario. Aunque el número de mini tubérculos por planta suele ser menor en comparación con los sistemas aeropónicos, este método ofrece resultados confiables y constituye una tecnología apropiada para regiones donde el acceso a sistemas de producción más tecnificados es limitado (Otazu, 2010).

Desde el punto de vista técnico, los aspectos más importantes en este sistema comprenden la preparación y desinfección del sustrato, el uso de recipientes o camas de cultivo con buen drenaje, el manejo adecuado del riego para evitar excesos de humedad, la aplicación balanceada de nutrientes y el monitoreo permanente de plagas y enfermedades. Los sustratos empleados suelen estar conformados por tierra agrícola mezclada con arena, materia orgánica o cascarilla de arroz, buscando mejorar la aireación y el desarrollo de las raíces. Asimismo, el control de la temperatura, la humedad relativa y la ventilación dentro del invernadero favorece el crecimiento uniforme de las plantas y la obtención de mini tubérculos de alta calidad, indispensables para las etapas posteriores de multiplicación de semilla certificada (Kumar y otros, 2022).

4.2.8. Producción de semilla pre básica de papa

En Perú, la cadena productiva de semilla de papa se establece mediante un modelo ordenado en un sistema escalonado que incluye varias categorías: semilla pre básica, básica, registrada y certificada. La semilla pre básica representa la fase inicial y más pura del proceso de

producción, originada a partir de material in vitro libre de virus y patógenos. Este tipo de semilla es producido generalmente en condiciones altamente controladas, como laboratorios de cultivo de tejidos o sistemas aeropónicos, y es utilizado para generar semilla básica, que luego se multiplica en semilla registrada y, finalmente, semilla certificada para uso comercial (INIA, 2017).

La semilla pre básica cumple un rol fundamental en la cadena productiva de papa, ya que garantiza el inicio del proceso con material genéticamente puro y sanitariamente libre de enfermedades, lo que permite reducir la transmisión de patógenos y mejorar el rendimiento de los cultivos en campo. Su adecuada producción y uso tienen un impacto directo en la productividad, calidad y vida útil de los tubérculos cosechados, por lo que su disponibilidad es clave para fortalecer la seguridad alimentaria y la competitividad de la cadena de valor de la papa, especialmente en regiones altoandinas (CIP, 2021).

En cuanto a la regulación y control de calidad, la producción de semilla pre básica en el Perú está formada por entidades como el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Estas instituciones establecen protocolos técnicos y estándares de calidad que incluyen parámetros genéticos, morfológicos y sanitarios, así como requisitos de trazabilidad, aislamiento, certificación y monitoreo fitosanitario. El Reglamento Técnico de Semilla de Papa (Resolución Jefatural N.º 0102-2007-INIA) establece las especificaciones mínimas para garantizar la identidad varietal y el estado sanitario del material de propagación (SENASA, 2019).

Tradicionalmente, la producción de semilla pre básica se realizaba en viveros bajo condiciones de suelo esterilizado, utilizando plantas madre provenientes de cultivo in vitro. Sin embargo, en las últimas décadas se han incorporado métodos alternativos más eficientes, como el cultivo en sustratos orgánicos (e.g., polvo de coco) o tecnologías sin suelo como la hidroponía y

la aeroponía. Estas últimas han demostrado ventajas significativas en términos de rendimiento, control fitosanitario y uso eficiente de recursos, permitiendo una producción más intensiva y sostenible de mini tubérculos con altos estándares de calidad, especialmente en ambientes de altitud y zonas con limitaciones agroecológicas (García y otros, 2021).

4.2.9. Factores agronómicos que influyen en el rendimiento

El rendimiento de la papa está directamente influenciado considerando ciertos aspectos morfológicos, como el desarrollo y la cantidad de tallos presentes, la cantidad y longitud de estolones, el desarrollo radicular y la superficie foliar. Los tallos más robustos y en mayor cantidad permiten una mejor distribución de asimilados, mientras que un sistema foliar denso y saludable contribuye a una mayor tasa fotosintética. La formación de estolones es clave para la producción de tubérculos; cuanto más numerosos y largos sean, mayor será la capacidad de la planta para formar unidades de almacenamiento. Asimismo, un sistema radicular bien desarrollado mejora la absorción de agua y nutrientes, aspectos fundamentales para el desarrollo uniforme de los tubérculos (Rodríguez & Pinedo, 2019).

El componente genético, es decir, el genotipo de la variedad, juega un papel fundamental en el comportamiento agronómico de la planta, especialmente en condiciones controladas como los sistemas aeropónicos. Algunas variedades poseen una mayor capacidad de adaptación a ambientes artificiales, expresando características morfológicas favorables como un mayor número de estolones o una arquitectura de planta más eficiente para la producción intensiva. Esta variabilidad genética influye directamente en la capacidad de rendimiento, sanidad y calidad de los mini tubérculos producidos (CIP, 2020). Por ello, la selección de genotipos adecuados para ambientes protegidos resulta crucial en programas de producción de semilla pre básica.

El sistema de cultivo también tiene un impacto importante en el desarrollo fenológico de la papa, variando la duración de los períodos que conforman su crecimiento (emergencia, desarrollo vegetativo, tuberización y maduración). En sistemas como el aeropónico, el control preciso del suministro de nutrientes y de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, oxigenación) puede acelerar el ciclo vegetativo y mejorar la eficiencia en la formación de tubérculos. Estudios recientes muestran que, bajo condiciones óptimas en sistemas sin suelo, es posible reducir el tiempo hasta la cosecha y aumentar el número de mini tubérculos por planta, mejorando así la productividad por unidad de área (FAO, 2021).

En conjunto, estos factores agronómicos morfológicos, genéticos y ambientales interactúan para definir el rendimiento final del cultivo de papa. La identificación y gestión adecuada de estas variables permite no solo maximizar la producción de semilla pre básica, sino también asegurar su calidad sanitaria y genética. En este sentido, la implementación de tecnologías como la aeroponía, en combinación con genotipos adaptados y prácticas agronómicas específicas, constituye una estrategia eficiente para enfrentar los retos de la agricultura en zonas altoandinas y garantizar un sistema semillero sostenible (INIA, 2023).

Tabla 9*Características agronómicas y procedencia geográfica del cultivo estudiado*

Características agronómicas	
Época de cosecha	Marzo a Junio
Rendimiento Experimental (Ton/Ha)	22
Período de maduración (días)	150
Rango de altitud	3.500 a 4.000 msnm.
Características organolépticas	27% de materia seca.
Procedencia	
Región natural de producción	Suní o Jalca
Departamentos/ regiones	Cusco, Puno, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Cerro de Pasco, Huánuco, Ancash, (Bolivia) Potosí, La Paz, Chuquisaca, Cochabamba (Argentina) Jujuy, Salta.
Provincias	Paucartambo, Quispicanchis, Calca, Acomayo, Paruro, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Espinar, Anta, Urubamba, Cusco / Sandia, Carabaya, Azángaro, Huancané, Yunguyo, Chucuito/ Andahuaylas, Aymaraes, Abancay, Antabamba, Chincheros / Huanta, Huamanga, La Mar, Cangallo, Victor Fajardo, Vilcas Huamán, Parinacochas, Páucar del Sara Sara, / Antabamba, Angaraes, Tayacaja, Huancavelica, Castrivirreyna / Concepción, Junín, Tarma, Huancayo / Pasco / Humalíes, Ambo / Bolognesi, Sihuas, Corongo, Pallasca, Raimondi /(Bolivia) Tomás Frías, Saavedra, Chayanta, Nor Chichas / Los Andes, Ingavi, Aroma, Murillo / Oropeza / Cercado de Cochabamba / (Argentina) Yavi / Santa Victoria.

Fuente: *Elaborado a base de Gómez, Roca (CIP) 2008 Y COSIO 2006*

4.3. Marco conceptual

- a) **Biotecnología.** Aplicación de tecnología y ciencia a organismos vivos, como plantas y bacterias, para producir productos modificados o nuevos, utilizados en agricultura, medicina y otras industrias (Iberdrola, 2024).
- b) **Calidad.** En un contexto agrícola, se refiere a las características deseables de los productos agrícolas que satisfacen ciertos estándares para consumo, comercialización o procesamiento, incluyendo aspectos como tamaño, sabor y ausencia de defectos (Innovatione, 2019).
- c) **Características agronómicas:** Se refieren a los atributos y propiedades inherentes de una planta o cultivo que determinan su comportamiento y rendimiento en el campo. Estas incluyen aspectos como el ciclo de vida (precocidad o tardanza), resistencia a plagas y enfermedades, adaptación a diferentes climas y suelos, eficiencia en el uso de agua y nutrientes, productividad, calidad de los frutos o productos cosechados, y la capacidad de soportar condiciones ambientales adversas, como sequías o heladas (Cahuana & Arcos, 2002).
- d) **Calidad y sanidad:** Se refiere a las características que aseguran que los productos agrícolas, como las semillas o cultivos, cumplen con los estándares necesarios para ser considerados seguros y efectivos. Asimismo, la calidad se relaciona con aspectos como el tamaño, color, homogeneidad y capacidad de crecimiento o producción. Por otro lado, la sanidad se refiere a la ausencia de plagas, enfermedades o virus en el material vegetal, garantizando que el cultivo esté libre de agentes patógenos (Ministerio del Ambiente, 2019).

- e) **Método tradicional.** Es aquel método el cual consiste obtener semilla pre básica en un sustrato en tierra previamente tratada y desinfectada.
- f) **Rendimiento:** Es la cantidad de producto cosechado por unidad de área y por campaña agrícola. Se calcula en kg/planta.
- g) **Sistema aeropónico.** Sistema de cultivo en el cual las raíces permanecen suspendidas en el aire y se alimentan mediante la pulverización de una solución nutritiva. Este método permite un crecimiento rápido, eficiente uso de agua y nutrientes, y evita problemas de enfermedades de suelo (Sánchez, 2021).
- h) **Semilla pre- básica:** Son aquellas semillas que son producidas en un entorno altamente controlado y que constituyen la primera generación de semillas en el proceso de multiplicación. Estas semillas son el resultado de la investigación científica y están libres de enfermedades y plagas (García, 2022).
- i) **Tuberización.** Proceso por el cual algunas plantas desarrollan tubérculos. Este proceso puede ser influenciado por factores ambientales como la temperatura y la duración del día (López et al., 2023).
- j) **Tutorado.** Método agrícola que involucra soportar plantas con estructuras o estacas para guiar su crecimiento, mejorar la exposición a la luz y facilitar otras prácticas de manejo como la cosecha y el control de enfermedades (Gobierno de Mexico, 2017)
- k) **Variedades:** Se refieren a las diferentes formas o tipos de plantas dentro de una misma especie, que se distinguen por características específicas, como el tamaño, color, sabor, resistencia a plagas o condiciones climáticas, entre otros aspectos. Estas variedades son el resultado de la selección natural o de la intervención humana mediante el mejoramiento genético (Instituto de Innovación Agraria, 2012).

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de estudio es de tipo básica, dado que busca generar conocimientos útiles con el fin de dar respuesta a una situación específica en el ámbito de agropecuario: la obtención optimizada de semilla prebásica de papa en regiones altoandinas utilizando el sistema aeropónico.

Se adoptó un enfoque cuantitativo, ya que se basó en la medición objetiva de variables agronómicas, como el número de estolones, tubérculos, indicadores de calidad y sanidad, así como el rendimiento de las distintas variedades bajo condiciones controladas. Este enfoque permitió recolectar datos numéricos, analizarlos estadísticamente y establecer comparaciones entre los grupos de estudio, proporcionando resultados concretos y verificables.

La investigación adoptó un diseño experimental, específicamente un diseño utilizando un diseño experimental completamente aleatorio por bloques (DBCA), que permitió controlar la variabilidad entre unidades experimentales y evaluar el efecto del tratamiento (variedad) sobre el rendimiento en condiciones aeropónicas. Este diseño facilitó la comparación objetiva entre las ocho variedades, asegurando la validez interna del estudio.

5.2. Ubicación espacial del campo experimental

El presente proyecto se desarrolló el Centro Experimental Andenes en la provincia de Anta, ubicada en la parte centro-oeste del departamento de Cusco.

5.2.1. Ubicación política

- Región : Cusco
- Provincia : Anta
- Distrito : Zurite
- Lugar : Centro Experimental Andenes - Zurite.

5.2.2. Ubicación geográfica

- Altitud : 3 405 m.s.n.m.
- Latitud : 13°27'20"S
- Longitud : 72°15'21"O

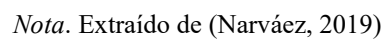
5.2.3. Ubicación hidrográfica

- Cuenca : Huatanay
- Subcuenca : Zurite
- Microcuenca : San Nicolas de Bari

5.3. Zona de vida

Según el diagrama bioclimático de Holdridge (Deguy et al., 2016) el Centro Experimental Andenes se encuentra en la zona de vida denominada Bosque Seco Montano Bajo Subtropical (bs-MBS).

Mapa de ubicación de Anta



5.3.1. Ubicación temporal

Esta investigación fue realizada en el periodo correspondiente al año 2023, iniciando en octubre y culminando en agosto del 2024.

5.4. Lugar del Experimento:

- a) **Características del Invernadero:** La investigación se realizó en un invernadero con dos ambientes, la primera la cámara fitosanitaria y el segundo ambiente donde se encuentran los 8 módulos aeropónicos, dicho invernadero está construido con una base de cemento y madera como vigas, cuentan con una malla antiafida y el techo de policarbonato, las dimensiones del invernadero son de 20 metros de largo, 8 metros de ancho con 4 metros de altura.
- b) **Características de los Módulos Aeropónicos:** Los módulos aeropónicos cuentan con una dimensión de 6 metros de largo por 1.5 metros de ancho, con una altura de 1.20m, estos cuentan con una estructura a base de listones de 2"x2" y planchas de poliestireno de ¾" de espesor, forrada con polipropileno azul/negro con 6 micras de espesor, y mulch acolchado blanco/negro, instalada con un sistema de riego que consta de mangueras de riego de 16mm y 10 nebulizadores en cada módulo.
- c) **Características Climáticas:** Las características climáticas dentro del invernadero presentan una temperatura máxima de 28°C Y una temperatura mínima 13°C de con un promedio de la temperatura dentro de los contenedores aeropónicos varia en; temperatura máxima de 23°C y temperatura mínima de 16°C.
- d) **Composición y Manejo de la Solución Nutritiva:** Se recurrió a una solución rica en nutrientes, descrita en el "Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponia". Esta solución preparada a partir de fertilizantes comerciales de fácil adquisición. Las cuales se preparaban cada 7 días en 500 litros de agua potable filtrada y

ozonizada para evitar contaminación la solución nutritiva restante se cambiaba con una nueva, el hecho de que no se añadiera al tanque aun con contenido era para no alterar la composición de la solución nutritiva. Se emplearon 2 soluciones nutritivas la primera se utilizó desde el día del trasplante hasta los inicios de tuberización, la segunda solución nutritiva se utilizó desde el inicio de la tuberización hasta la culminación de la tuberización.

5.5. Materiales y métodos

5.5.1. *Materiales*

A. Material genético.

Las variedades de papa que se empleó como material genético en el presente trabajo de investigación son las siguientes:

- Capiro
- Peruanita
- Q'ompis
- INIA 309 - Serranita
- Amarilla Tumbay
- Macctillo
- INIA 303- Canchán
- Amarilis INIA

B. Materiales para el manejo del cultivo.

B.1. Materiales de campo

- Sustrato promix
- Nitrato de amonio
- Nitrato de potasio
- Ácido fosfórico
- Sulfato de magnesio
- Quelato de Fe
- Cal
- Lejía
- Nebulizador HADAR 7110
- Fungicidas
- Esponja
- Silicona
- Jabón líquido
- Alcohol
- Pabilo de algodón
- Rafia torcida
- Bandejas de plástico
- Bolsas de papel
- Jabas cosechadoras

B.2. Herramientas

- Bisturí
- Tijera
- Mochila pulverizadora
- Twister
- Alambre N° 16

B.3. Equipos.

- Cinta métrica
- Calculadora
- Balanza de precisión
- Computadora
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Termómetro digital

5.5.2. Métodos

5.5.2.1. Descripción de métodos.

Tipo de investigación. Este estudio se enmarcó dentro de una investigación de naturaleza básica, puesto que tiene como función de generar conocimientos con utilidad práctica orientados a optimizar el rendimiento de la semilla prebásica de papa cultivada mediante un sistema aeropónico. Según Hernández y Mendoza (2023), las investigaciones aplicadas se enfocan en resolver problemas específicos en contextos reales, lo que coincide con el objetivo de esta investigación en el contexto agrícola.

Enfoque de investigación. El enfoque de la presente investigación fue cuantitativo, dado que se sustentó en la medición objetiva y sistemática de variables agronómicas y productivas asociadas al rendimiento de la semilla prebásica de papa bajo el sistema aeropónico. Este enfoque permitió recolectar datos numéricos verificables, los cuales fueron analizados mediante procedimientos estadísticos con la finalidad de identificar diferencias significativas entre las variedades evaluadas y establecer relaciones causales en un contexto experimental controlado. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2023), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección de datos medibles y su análisis estadístico para contrastar hipótesis previamente formuladas, lo cual resulta pertinente para estudios experimentales orientados a la evaluación del rendimiento agrícola.

Nivel de investigación. Consiste en una investigación orientada a describir y explicar el fenómeno en estudio, orientada a detallar características y comprender relaciones causales. Es descriptivo porque se describió las características agronómicas de las 8 variedades de papa evaluadas en el sistema aeropónico. A la vez, es explicativo porque se buscará identificar las causas y relaciones entre el sistema aeropónico y el rendimiento de las semillas pre básicas, permitiendo entender las diferencias entre las variedades.

Método. Experimental, De acuerdo con Carrazco (2019), es un método general utilizado en investigaciones en las que mediante la alteración deliberada de ciertas variables con el propósito de observar y analizar sus efectos.

Diseño de investigación. La investigación sigue un diseño experimental, ya que se manipulo la variable independiente (sistema aeropónico) para observar sus efectos sobre la variable dependiente (rendimiento de la semilla pre básica). Este diseño experimental controlado en el Centro Experimental Andenes INIA-Zurite permitió establecer relaciones causales entre el tratamiento aplicado y los resultados obtenidos.

5.6. Diseño experimental

5.6.1. Tratamiento y descripción del campo experimental

El estudio experimental se realizó bajo un esquema de bloques completamente aleatorizados, incluyendo cuatro repeticiones para asegurar la validez estadística. Cada contenedor fue considerado como una unidad de bloque, mientras que las variedades de papa representaron los tratamientos. El tratamiento de cada semilla se realizó en un laboratorio o módulos, utilizando la técnica de micropropagación. Las semillas pre básicas serán evaluadas de manera independiente, midiendo el rendimiento de cada variedad. Posteriormente, las plántulas obtenidas fueron trasladadas al sistema aeropónico para medir su rendimiento. Los tratamientos se distribuyeron de manera aleatoria dentro de cada bloque experimental, con el fin de asegurar que cualquier variabilidad externa se distribuya de forma equitativa. Inicialmente, se trabajó con la plántula madre in vitro, que pasó por un período de 15 a 20 días antes de ser transferida al sistema aeropónico para continuar su desarrollo. Durante esta fase, se controló cuidadosamente las condiciones de temperatura, humedad y luz, con el fin de garantizar un proceso de adaptación óptimo antes de iniciar la evaluación en campo aeropónico.

Los tratamientos a evaluar serán las siguientes variedades de papa:

Tabla 10

Distribución de los tratamientos

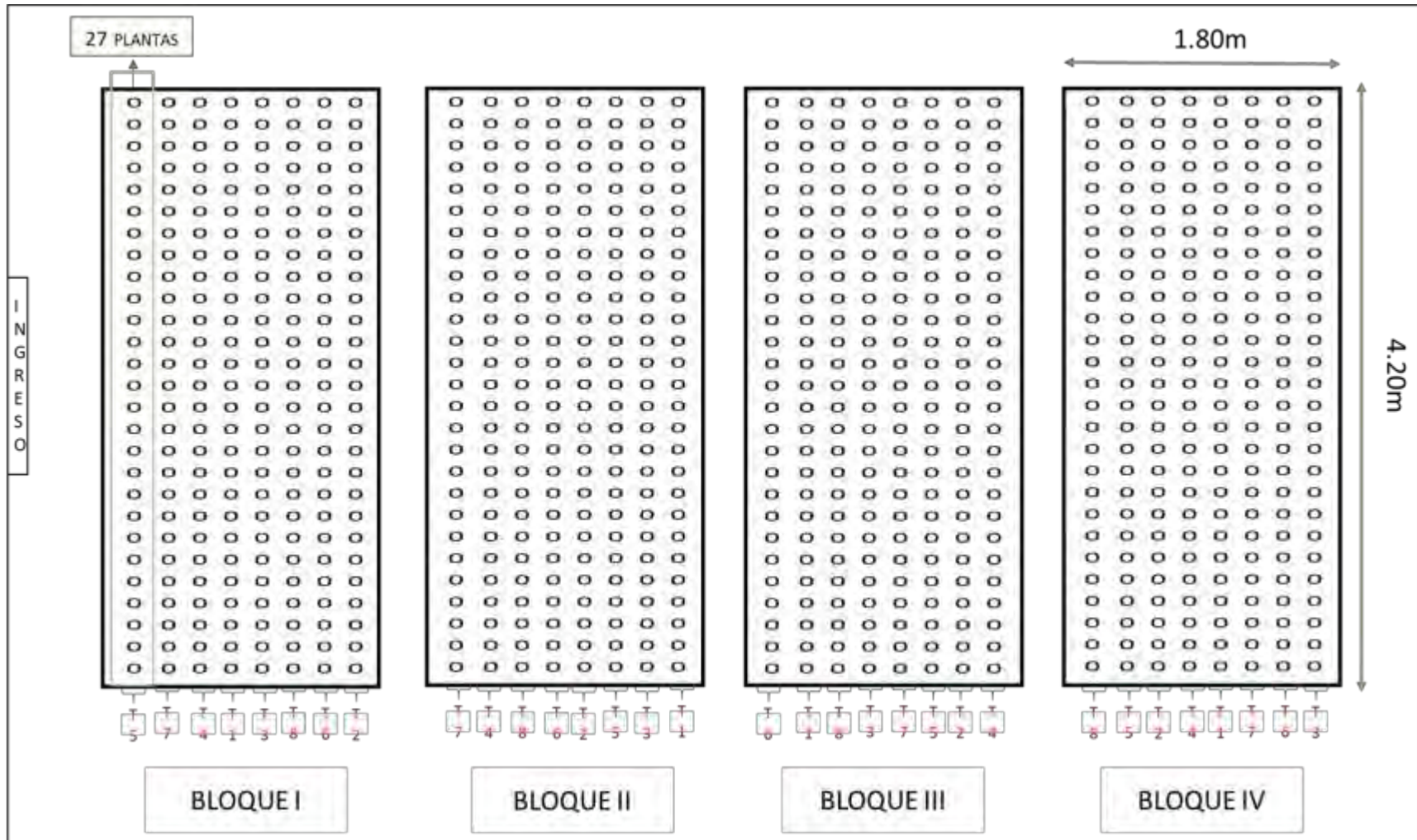
Tratamientos	Variedad
T1	Capiro
T2	Peruanita
T3	Q'ompis
T4	INIA 309 - Serranita
T5	Amarilla Tumbay
T6	Macctillo
T7	INIA 303 - Canchán
T8	Amarilis INIA

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 27 plantas por variedad, con un distanciamiento de 20 x 20 cm entre plantas. Los tratamientos se ubicarán aleatoriamente en cada bloque experimental para garantizar que cualquier variabilidad externa se distribuya de manera equitativa. La separación entre variedades es fundamental para evitar la competencia por insumos fundamentales, tales como agua y nutrientes, que podría limitar el proceso de crecimiento y rendimiento de las plantas. Esta disposición también permite un control más preciso de las variables, asegurando que el rendimiento de cada variedad sea evaluado de manera independiente. Dado que las plántulas serán obtenidas mediante técnicas de micropropagación in vitro, es crucial que las condiciones de crecimiento sean homogéneas y que cada variedad se desarrolle sin interferencias externas, lo cual garantiza resultados confiables y comparables entre los tratamientos. Además, se contará con un monitoreo constante para registrar cualquier variación fenotípica o respuesta diferencial al sistema aeropónico.

El campo experimental ha sido diseñado específicamente para la implementación del sistema aeropónico, que permite el crecimiento de las plantas sin el uso de suelo, proporcionando un control riguroso sobre las condiciones de nutrientes, agua y aire. Los contenedores aeropónicos están distribuidos en bloques completamente al azar, representando cada uno un tratamiento distinto, con el fin de evitar sesgos y garantizar un crecimiento uniforme en todas las unidades experimentales. A continuación, se presentará el esquema del diseño experimental para tener una mejor comprensión sobre el tema expuesto. Este diseño busca maximizar la precisión en la comparación de los tratamientos, reduciendo la variabilidad experimental y optimizando la interpretación de los resultados obtenidos:

Figura 10

Esquema del diseño experimental



El diseño cuenta con 4 bloques, cada bloque con 8 unidades experimentales, cada unidad experimental está constituido por 27 plantas las cuales están con un distanciamiento de 20 x 20cm, de los cuales 10 plantas serán evaluadas completamente al azar, por cada unidad experimental los cuales fueron 40 plantas evaluadas por cada tratamiento.

5.7 Conducción del experimento

a. Preparación de los contenedores

Los contenedores se seleccionaron y prepararon de acuerdo con las especificaciones técnicas del sistema aeropónico. Cada uno de ellos fue desinfectado previamente para asegurar un ambiente libre de microorganismos. Se realizó perforaciones en la cubierta de cada contenedor, que permitió la adecuada colocación de las plántulas, garantizando que las raíces queden suspendidas para el desarrollo óptimo bajo el sistema aeropónico.

b. Repique de plántulas in vitro y enraizamiento

Para el experimento se empleó plántulas in vitro, procedentes del laboratorio de biotecnología del Centro Experimental Andenes, de las variedades (Capiro, Peruanita, Q'ompis, INIA 309 - Serranita, Amarilla Tumbay, Macctillo, INIA 303- Canchán, Amarilis INIA) en un número total de 108 plántulas in vitro por variedad. Pasados los 30 días, se procedió a extraer las plántulas del medio de cultivo para trasplantarlas en bandejas con sustrato promix, donde permanecieron durante un periodo de aclimatación en condiciones controladas antes de su traslado al sistema aeropónico definitivo.

Figura 11

Propagación in vitro



Figura 12

Enraizamiento de plántulas



c. Limpieza y desinfección del invernadero

Para el presente experimento se requirió el ambiente totalmente desinfectado, para lo cual se limpió el invernadero y posteriormente se desinfectó con una dilución de agua para 5 litros con lejía al 0.1%. Esta medida busca garantizar condiciones óptimas y evitar la presencia de agentes patógenos que puedan afectar el desarrollo de las plántulas.

Figura 13

Limpieza y desinfección del invernadero



d. Trasplante al contenedor

Las plántulas fueron trasplantadas a los contenedores transcurridos 30 días desde el enraizamiento, hasta que alcanzaron una altura de entre 10 y 15 cm. La extracción de las plántulas se realizó utilizando una varilla, tras lo cual se procedió a lavar las raíces y colocarlas en bandejas. Posteriormente, las raíces fueron envueltas en esponjas y las plántulas se ubicaron en los agujeros previamente preparados en la parte superior de cada contenedor, asegurándose de modo que las raíces permanezcan suspendidas dentro del sistema.

Figura 14

Trasplante de plántulas a los contenedores



e. Fijación

La fijación se llevó a cabo 35 días después del trasplante, acompañado de la poda de las hojas laterales. Para ello, se utilizó un bisturí desinfectado, cortando de 3 a 4 nudos por planta. Después de dejar que las heridas cicatricen durante tres días, se introdujo de 10 a 15 cm del tallo en el contenedor, hasta alcanzar el nivel de la siguiente hoja, dependiendo de la variedad.

f. Tutorado

El tutorado comenzó a los 45 días después del trasplante. Se implementó un sistema de soporte que consistió en la suspensión de alambre y pabito de algodón, desde la base de las plantas hasta una altura de 1.50 m. Las plantas fueron sujetadas a este sistema mediante el uso de twisters.

Figura 15

Tutorado de plantas



g. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo entre los cinco y seis meses, utilizando un soporte para sostener la tapa de los contenedores y con jvas, con sumo cuidado para evitar dañar los tubérculos. Las herramientas empleadas fueron desinfectadas con alcohol al 70% para asegurar la limpieza adecuada.

Figura 16

Tubérculos cosechados



h. Almacenamiento

La semilla pre-básica fue conservada en una cámara frigorífica a una temperatura de 10 a 12 °C durante los primeros cuatro días.

5.8. Metodología para la Evaluación:

- a. **Rendimiento de semillas:** La evaluación del rendimiento se realizó al finalizar el conteo de todos los tubérculos, obtenidas en las 4 cosechas escalonadas, y esta expresado en número de tubérculos por plantas.

b. **Comparación de rendimiento**

La comparación se realizó tras analizar el rendimiento del sistema aeropónico, con los resultados de rendimiento obtenidos en el sistema tradicional de las campañas 2022 y 2023, el cual esta expresado en número de tubérculos por planta.

c. **Calidad y sanidad**

Para la evaluación de la calidad y sanidad se realizó una inspección visual de las semillas que tengan las características deseadas, en cuanto peso, color, forma y tamaño en cada una de las variedades, descartando todas aquellas que presenten alguna malformación visible.

d. **Variables agronómicas**

- **Evaluaciones durante la fase vegetativa del cultivo**

- **Diámetro de tallo principal:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, la medida del diámetro de tallo principal se realizó en el tercio medio de la planta.
- **Número de tallos secundarios:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, se contabilizaron los tallos secundarios ubicados en la parte baja del tallo principal este conteo se realizó una vez la planta haya llegado a la floración.
- **Altura de planta:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta el

ápice de la hoja semanalmente, desde el día del trasplante hasta llegar a la altura máxima de crecimiento.

- **Número de estolones:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, se contabilizaron el número de estolones, este conteo se realizó cuando la planta llegó a la madurez fisiológica.
- **Longitud de estolones:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, y se eligió un estolón para realizar la medida de la longitud.
- **Número de tubérculos por estolón:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, se contabilizaron el número de tubérculos por estolón.
- **Longitud de la raíz:** Se evaluaron 10 plantas elegidas completamente al azar por cada unidad experimental, esta altura se tomó desde la base del tallo, una vez culminada la cosecha total de los tubérculos para evitar el daño a los estolones.
- **Días del periodo vegetativo:** Se contabilizaron los días desde el trasplante a los contenedores hasta la senescencia de las plantas, dentro de ese periodo se contabilizó a los días que la planta empezó a tuberizar, días a los que empezaron a salir los botones florales y el día que florecieron.

5.9. Evaluación por objetivos

Objetivo específico 1:

Para comparar el rendimiento de las semillas prebásicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional, se analizaron los resultados de este método los cuales ya existen, trabajo que tuvo lugar en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco, cuyos datos fueron recolectados de las campañas del año 2022 y 2023, se procedió a realizar una evaluación

de ambos métodos. En primer lugar, se cuantifico el número total de tubérculos producidos por cada variedad en ambos sistemas, seguido del número promedio de los tubérculos por planta (unidad/planta). Además, se registrará la calidad física de los tubérculos en términos de tamaño, forma y uniformidad. Se tomarán en cuenta factores como el tiempo de producción y las condiciones ambientales específicas de cada sistema. Este análisis comparativo permitirá identificar las diferencias en eficiencia y calidad de los métodos de cultivo, destacando las ventajas y desventajas de cada uno.

Objetivo específico 2

En la evaluación de calidad y sanidad, una vez cosechados los tubérculos, se dejaron 2 días en la sombra sobre papel toalla para que sean zuberizadas y posteriormente escogerlas y dividir las por categorías. Extrayendo los tubérculos mayores a 20 gramos que cuenten con el color, el tamaño y la uniformidad y las que son menores a este peso. También se extrajeron los tubérculos deformes los cuales no cumplen con los estándares de calidad.

Para evaluar la calidad y sanidad de las 8 variedades de semillas pre básicas de papa bajo el sistema aeropónico, se realizaron observaciones a detalle. Se evaluaron las características físicas de las semillas, como el tamaño, forma y color, y se revisarán visualmente posibles signos de plagas o enfermedades. La inspección visual se centrará en detectar cualquier anomalía en la sanidad de las semillas y garantizar que las condiciones del sistema aeropónico proporcionaran un ambiente adecuado para la producción de semillas de calidad.

Objetivo específico 3

Para la caracterización agronómica de las 8 variedades de papa bajo el sistema aeropónico, se realizaron las siguientes evaluaciones. Primero, se seleccionaron plantas completamente al azar para medir su altura. También se evaluó el desarrollo radicular midiendo su longitud.

En cuanto al tallo, se registró su diámetro en el tercio medio de la planta y se contabilizó la presencia de tallos secundarios. Se evaluó el inicio y duración de la floración.

Para los tubérculos, se determinó su número, peso, diámetro y longitud, además de su forma y color. Finalmente, se registró las condiciones climáticas y los parámetros del sistema aerónico, como la temperatura y la concentración de nutrientes.

5.9.1. Operacionalización de variables

Tabla 11

Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES
Cultivo aerónico	Características agrónomicas	
	• Rendimiento	• Unidades/planta
	• Calidad y sanidad.	• Tamaño • Forma • Color • Peso
Variedades de papa:	• Diámetro de tallo principal	• cm
• Capiro • Peruanita • Q'ompis • INIA 309 - Serranita • Amarilla Tumbay • Macctillo • INIA 303- Canchán • Amarilis INIA	• Número de tallos secundarios • Altura de planta.	• Unidades • cm
	• Número de estolones por planta. • Longitud de estolones	• Unidades • cm
	• Número de tubérculos por estolón • Longitud de raíz.	• Unidades • cm
	• Periodo vegetativo	• Días

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Resultados del objetivo general

Tabla 12

Análisis de rendimiento por variedad de papa.

ANOVA					
Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	7636.37	7	1090.91	5817.23	<0.0001
Bloque	0.98	3	0.33	1.75	0.1880
Error	3.94	21	0.19		
Total	7641.29	31			

Prueba de hipótesis

Hipótesis nula(H_0): No hay diferencia significativa en el rendimiento entre las variedades de estudios.

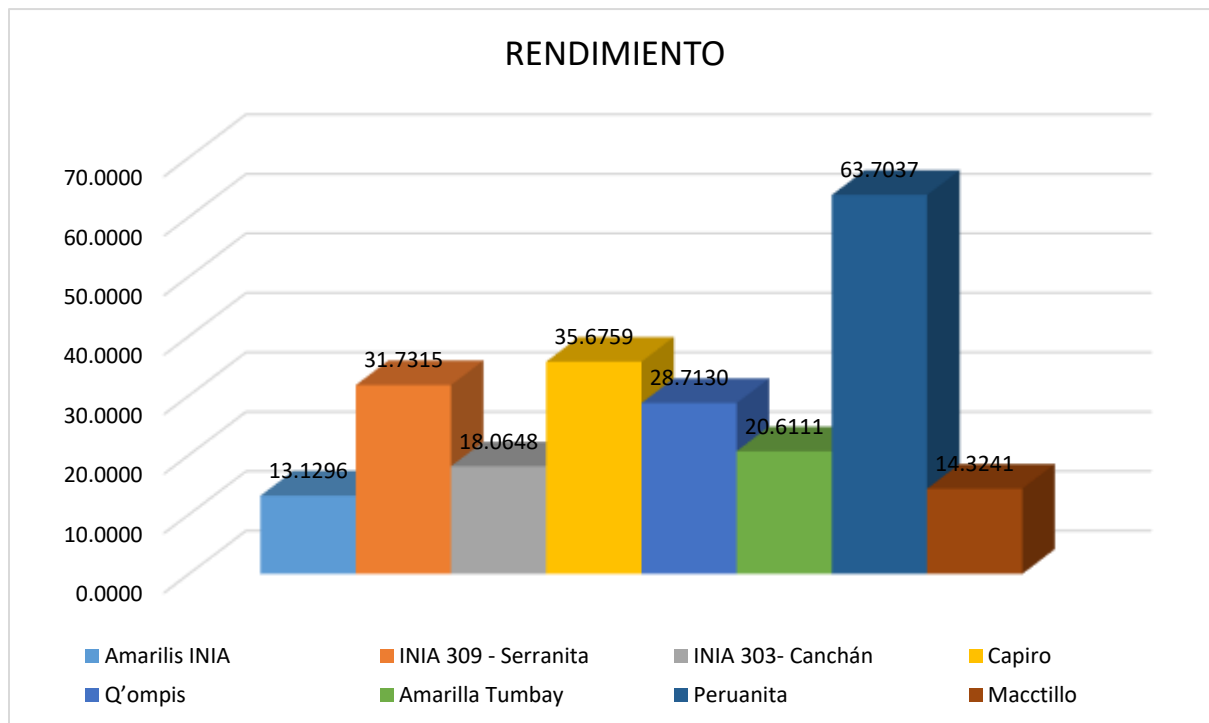
Hipótesis alterna(H_1): Si existe una diferencia significativa en el rendimiento entre las variedades de estudio.

El ANOVA confirmó diferencias significativas en las variedades ($F = 5817.23$; $p < 0.001$). El análisis factorial mostró: Bloque: sin efecto significativo ($F = 1,75$; $p = 0.1880$).

Se concluye que el sistema y la variedad influyen directamente en el rendimiento, mientras que el bloque tiene impacto menor. Se rechaza la hipótesis nula, confirmando que el existe una diferencia de rendimiento entre variedades.

Figura 17

Informe de rendimiento por variedad de papa



Discusión: La evaluación del rendimiento de la semilla prebásica en las ocho variedades de papa cultivadas bajo el sistema aeropónico evidenció un comportamiento productivo diferenciado, estrechamente asociado al componente genético de cada variedad, lo que confirma que la respuesta al sistema aeropónico depende en gran medida de la capacidad de adaptación varietal a condiciones de cultivo sin suelo. En este contexto, la variedad Peruanita alcanzó el mayor rendimiento, con 63,70 tubérculos por planta, obtenidos a partir de 108 plántulas, destacándose de manera significativa respecto a las demás variedades evaluadas. Este elevado rendimiento puede atribuirse a su mayor capacidad de estolonización, mayor número de tubérculos por estolón y una adecuada respuesta fisiológica al ambiente aeropónico, características que favorecen una mayor eficiencia productiva bajo sistemas altamente controlados.

En un segundo grupo de desempeño se ubicaron las variedades Capiro (35,68 tubérculos/planta), INIA 309 - Serranita (31,73 tubérculos/planta) y Q'ompis (28,71 tubérculos/planta), las cuales mostraron una adaptación favorable al sistema aeropónico, reflejando rendimientos intermedios. Estos resultados indican que, si bien estas variedades presentan un buen potencial productivo bajo condiciones aeropónicas, su eficiencia fisiológica y capacidad de formación de tubérculos es inferior a la observada en la variedad Peruanita. Por su parte, las variedades Amarilla Tumbay (20,61 tubérculos/planta) y INIA 303 - Canchán (18,06 tubérculos/planta) mostraron rendimientos moderados, lo que sugiere una respuesta productiva aceptable, aunque limitada, frente a las condiciones del sistema aeropónico.

En contraste, las variedades Amarilis INIA (13,13 tubérculos/planta) y Macctillo (14,32 tubérculos/planta) registraron los valores más bajos de rendimiento, evidenciando una menor eficiencia productiva bajo este sistema de cultivo. Este comportamiento podría estar asociado a una menor capacidad de adaptación fisiológica al ambiente aeropónico, menor número de estolones formados y una respuesta menos eficiente en la absorción y aprovechamiento de los nutrientes suministrados.

Los resultados obtenidos confirman la eficiencia del sistema aeropónico para la producción de semilla prebásica de papa, al proporcionar un entorno altamente controlado que favorece la oxigenación del sistema radicular, optimiza la absorción de nutrientes y reduce significativamente la incidencia de patógenos asociados al suelo. Estos hallazgos son concordantes con lo reportado por García et al. (2021), quienes señalan que la producción de papa bajo aeroponía puede superar de manera significativa al cultivo tradicional en suelo, especialmente cuando se emplean variedades con alta capacidad de adaptación al sistema. Asimismo, el IFPRI (2009) destaca que la adopción de tecnologías limpias y eficientes, como la aeroponía, constituye una estrategia clave

para enfrentar los efectos del cambio climático y la creciente limitación de recursos naturales, condiciones que caracterizan a muchas zonas altoandinas del Perú.

En este sentido, la elevada productividad alcanzada por la variedad Peruanita demuestra que el sistema aeropónico no solo incrementa el número de tubérculos producidos por planta, sino que también contribuye a mejorar la calidad del material semillero, al reducir la presencia de deformaciones, plagas y enfermedades. En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de la selección adecuada de genotipos para sistemas aeropónicos y confirman que esta tecnología representa una alternativa viable, eficiente y sostenible para fortalecer los programas de producción de semilla prebásica de papa, particularmente en regiones con suelos degradados o con limitaciones agroecológicas.

6.2. Resultados del objetivo específico 1

- Comparar el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco

Tabla 13

Análisis de rendimiento del sistema aeropónico y método tradicional

Fuente de variación	ANOVA				
	SC	gl	CM	F	p-valor
Método	3070.78	2	1535.39	16.27	<0.0001
Error	1982.09	21	94.39		
Total	55052.88	23			

Prueba de hipótesis

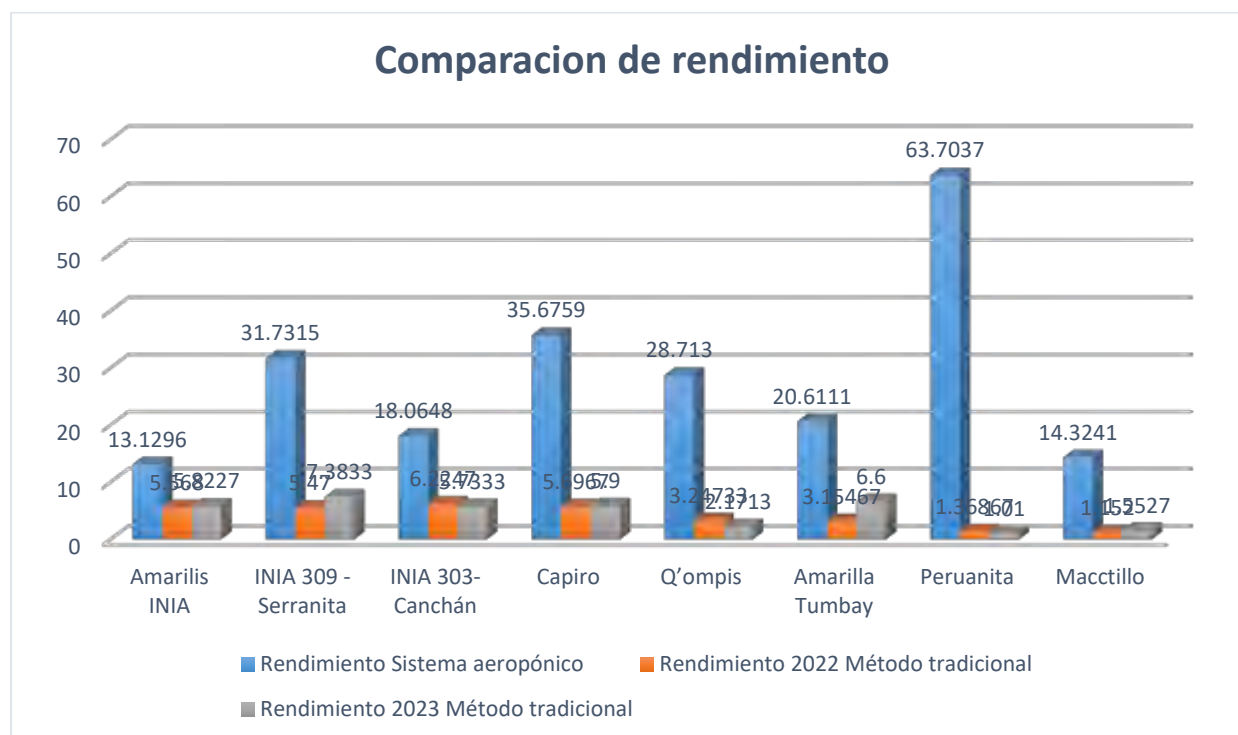
Hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa en el rendimiento entre el sistema aeropónico y el método tradicional.

Hipótesis alterna (H_1): Si existe una diferencia significativa en el rendimiento entre el sistema aeropónico y el método tradicional.

El ANOVA muestra diferencia significativa en el rendimiento entre los métodos ($F = 16.27$; $p = 0,0001$). Se rechaza la hipótesis nula, confirmando que el tipo de sistema influye en el rendimiento. El sistema aeropónico presenta variación positiva notable frente al tradicional, respaldando su eficacia agronómica.

Figura 18

Comparación de rendimiento bajo el sistema aeropónico y el método tradicional(unidades/planta)



Discusión: La comparación del rendimiento de las semillas prebásicas de papa producidas mediante el sistema aeropónico y el método tradicional evidenció diferencias ampliamente marcadas en todas las variedades evaluadas, lo que demuestra de manera contundente la superioridad del sistema aeropónico en términos de eficiencia productiva y calidad sanitaria del material semillero. En promedio, el sistema aeropónico alcanzó un valor de 28,24 en los indicadores de calidad y sanidad, mientras que el método tradicional registró valores considerablemente inferiores, con 3,99 en el año 2022 y 4,52 en el año 2023. Estos resultados confirman que el cultivo aeropónico permite maximizar el rendimiento y mejorar sustancialmente la calidad sanitaria de la semilla prebásica en comparación con los sistemas convencionales de producción en suelo.

La variedad Peruanita destacó de manera significativa bajo condiciones aeropónicas, al registrar el valor más elevado de calidad y sanidad (63,70), contrastando de forma marcada con los rendimientos obtenidos mediante el método tradicional, los cuales apenas alcanzaron 1,37 en 2022 y 1,01 en 2023. Este comportamiento evidencia la alta eficiencia del sistema aeropónico para potenciar el rendimiento de determinadas variedades que, bajo condiciones tradicionales, presentan severas limitaciones productivas, asociadas principalmente a problemas sanitarios, edáficos y de manejo agronómico.

De manera similar, las variedades Capiro (35,68), INIA 309 - Serranita (31,73) y Q'ompis (28,71) mostraron rendimientos elevados bajo el sistema aeropónico, superando ampliamente los valores obtenidos con el método tradicional en ambos años evaluados. Esta diferencia refleja la capacidad del sistema aeropónico para proporcionar un entorno altamente controlado que favorece la oxigenación radicular, el suministro preciso de nutrientes y la reducción de patógenos del suelo, factores que influyen directamente en la formación y calidad de los tubérculos.

En contraste, los resultados obtenidos mediante el método tradicional evidenciaron rendimientos bajos y poco consistentes entre variedades, independientemente del año de evaluación. En variedades como Macctillo, Peruanita y Q'ompis, los valores no superaron el umbral de 2,00, lo que pone de manifiesto la limitada capacidad del sistema tradicional para garantizar condiciones sanitarias y productivas adecuadas para la producción de semilla prebásica. Si bien en el año 2023 se observó un ligero incremento en algunas variedades respecto a 2022, estos aumentos resultaron insuficientes para reducir la brecha existente frente al sistema aeropónico.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Catire (2018), quien al evaluar la producción de papa bajo condiciones controladas concluyó que el sistema aeropónico, especialmente cuando se optimizan las frecuencias de nebulización y el manejo nutricional, puede igualar e incluso superar ampliamente el rendimiento del cultivo convencional, con un uso más eficiente del recurso hídrico. Asimismo, el entorno controlado del sistema aeropónico reduce de manera significativa la incidencia de patógenos asociados al suelo y permite una mayor uniformidad del material producido, lo que explica los altos valores de rendimiento y calidad sanitaria observados en el presente estudio.

En este contexto, se confirma que el sistema aeropónico constituye una alternativa productiva altamente eficiente frente al método tradicional para la producción de semilla prebásica de papa, especialmente en zonas altoandinas como el ámbito del Centro Experimental Andenes INIA Zurite-Cusco, donde las limitaciones edafoclimáticas y sanitarias condicionan el desempeño del cultivo en suelo. La adopción de esta tecnología no solo incrementa el rendimiento, sino que también favorece una producción más homogénea, limpia y alineada con los estándares exigidos por los programas de certificación de semilla prebásica

6.3. Resultados del objetivo específico 2

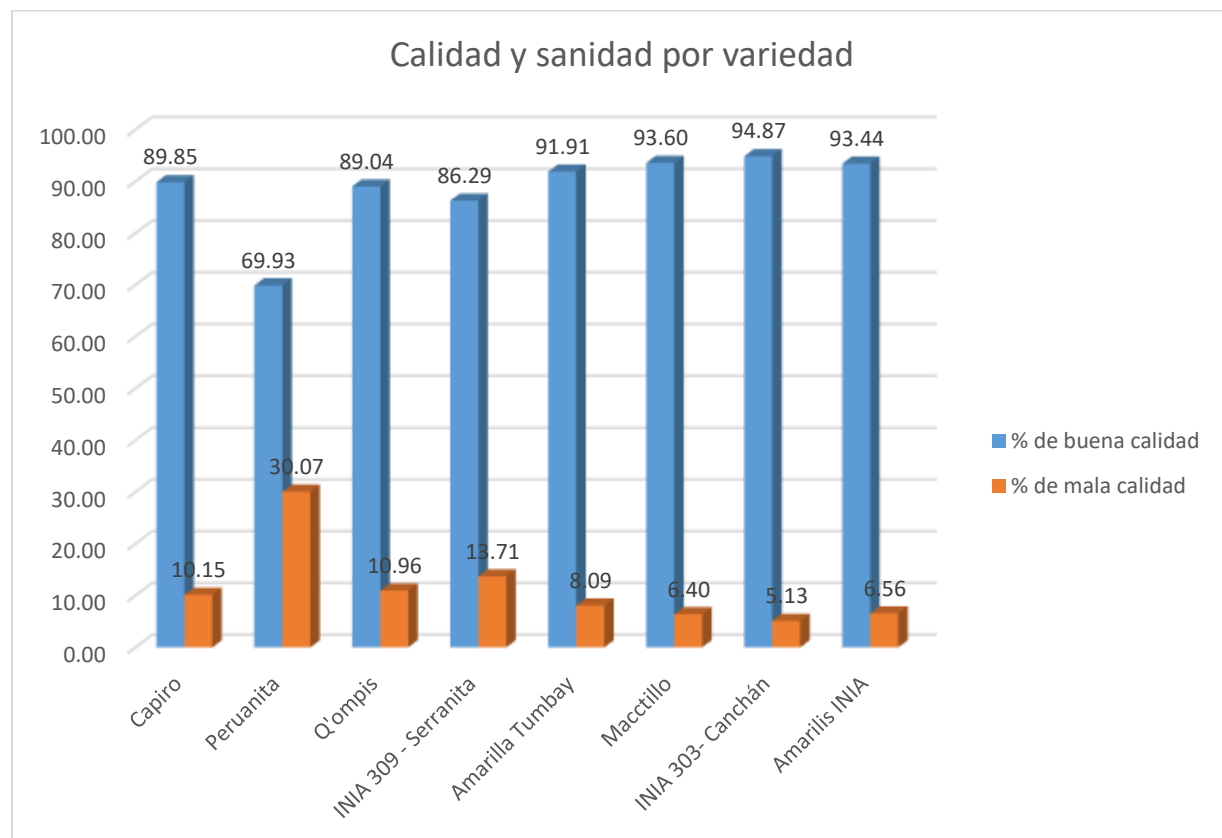
Tabla 14

Calidad y sanidad

Variedad	Forma	Color	Tamaño	Peso (gr)	Total, de tubérculos que cumplen las características de calidad		Total, de tubérculos que no cumplen las características de calidad	Total general
Capiro	Redondo	Morado claro	Grande	>50	0			
			Mediano	<50>30	1028			
			Pequeño	<30	2434	3462	391	3853
Peruanita	Comprimido, con ojos medianamente profundos	Rojo y Amarillo	Grande	>50	0			
			Mediano	<50>30	1346			
			Pequeño	<30	3465	4811	2069	6880
Q'ompis	Comprimido	Rosado	Grande	>50	28			
			Mediano	<50>30	1907			
			Pequeño	<30	826	2761	340	3101
INIA 309 - Serranita	Redondo	Morado	Grande	>50	44			
			Mediano	<50>30	1822			
			Pequeño	<30	1091	2957	470	3427
Amarilla Tumbay	Comprimido alargado	Amarillo	Grande	>50	23			
			Mediano	<50>30	1647			
			Pequeño	<30	376	2046	180	2226
Macctillo	Elíptico/Alargado	Morado	Grande	>50	6			
			Mediano	<50>30	970			
			Pequeño	<30	472	1448	99	1547
INIA 303- Canchán	Redondo	Rojo	Grande	>50	14			
			Mediano	<50>30	1297			
			Pequeño	<30	540	1851	100	1951
Amarilis INIA	Ovalada	Amarillo	Grande	>50	0			
			Mediano	<50>30	769			
			Pequeño	<30	556	1325	93	1418

Tabla 15*Resumen de calidad y sanidad por variedades*

Variedad	Numero de tubérculos buena calidad	Numero de tubérculos de mala calidad	Total	% de buena calidad	% de mala calidad
Capiro	3462	391	3853	89.85	10.15
Peruanita	4811	2069	6880	69.93	30.07
Q'ompis	2761	340	3101	89.04	10.96
INIA 309 - Serranita	2957	470	3427	86.29	13.71
Amarilla Tumbay	2046	180	2226	91.91	8.09
Macctillo	1448	99	1547	93.60	6.40
INIA 303- Canchán	1851	100	1951	94.87	5.13
Amarilis INIA	1325	93	1418	93.44	6.56

Figura 19*Calidad y sanidad por variedad de papa*

Discusión: Los resultados obtenidos evidencian una variación significativa en los niveles de calidad y sanidad de las semillas prebásicas entre las ocho variedades de papa evaluadas bajo el sistema aeropónico, lo que confirma que estos parámetros se encuentran estrechamente asociados al comportamiento genético de cada variedad y a su capacidad de adaptación a condiciones de cultivo sin suelo. Las diferencias observadas reflejan una respuesta fisiológica y sanitaria diferenciada de los materiales vegetales frente al ambiente aeropónico, caracterizado por un alto control del sistema radicular y la ausencia de patógenos del suelo.

En este contexto, las variedades INIA 303 - Canchán (94,87 %), Macctillo (93,60 %) y Amarilis INIA (93,44 %) registraron los índices más elevados de calidad y sanidad, lo que se asocia a una mayor proporción de tubérculos clasificados como de buena calidad en relación con aquellos considerados de mala calidad. Este comportamiento evidencia una adecuada uniformidad morfológica, estabilidad fisiológica y buen estado sanitario del material producido, lo que sugiere que estas variedades presentan una respuesta favorable al sistema aeropónico, posicionándose como alternativas viables para la producción de semilla prebásica de alta calidad.

En un segundo grupo se ubicaron las variedades Amarilla Tumbay (91,91 %), Capiro (89,85 %) y Q'ompis (89,04 %), las cuales también alcanzaron valores elevados de calidad y sanidad, aunque con una mayor presencia relativa de tubérculos de mala calidad. No obstante, estos resultados continúan siendo técnicamente aceptables para su uso como material semillero, lo que evidencia una respuesta positiva al sistema aeropónico, aunque con menor estabilidad sanitaria en comparación con las variedades de mayor desempeño.

Por el contrario, las variedades INIA 309 - Serranita (86,29 %) y Peruanita (69,93 %) presentaron los valores más bajos de calidad y sanidad. En particular, la variedad Peruanita mostró una proporción considerable de tubérculos de mala calidad, lo que se tradujo en un menor índice

sanitario general, sugiriendo una menor adaptación al entorno aeropónico y una mayor susceptibilidad a defectos físicos o fisiológicos durante el proceso productivo, pese a su alto rendimiento observado en el objetivo general.

Estos resultados confirman que, si bien el sistema aeropónico ejerce un efecto positivo sobre la calidad del material semillero al proporcionar condiciones higiénicas, controladas y libres de patógenos del suelo, su eficiencia está condicionada por la interacción entre el genotipo y el ambiente de cultivo. En concordancia con lo señalado por Mateus (2010), la calidad y sanidad de los mini tubérculos producidos en aeroponía dependen en gran medida de la interacción genotipo-ambiente, lo que explica el comportamiento diferenciado observado entre las variedades evaluadas.

Asimismo, los hallazgos concuerdan con lo reportado por García et al. (2021), quienes indican que la aeroponía favorece la obtención de mini tubérculos con altos estándares sanitarios debido al control preciso del suministro de nutrientes, la adecuada oxigenación radicular y la reducción del riesgo de contaminación fitosanitaria. En este sentido, los elevados índices de calidad y sanidad alcanzados por las variedades INIA 303 - Canchán, Macctillo y Amarilis INIA refuerzan el potencial del sistema aeropónico como una tecnología eficiente, segura y sostenible para la producción de semilla prebásica de papa en ambientes controlados, especialmente en regiones altoandinas.

6.4. Resultados del objetivo específico 3

- Determinar las características agronómicas de las plantas de las 8 variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.

Tabla 16

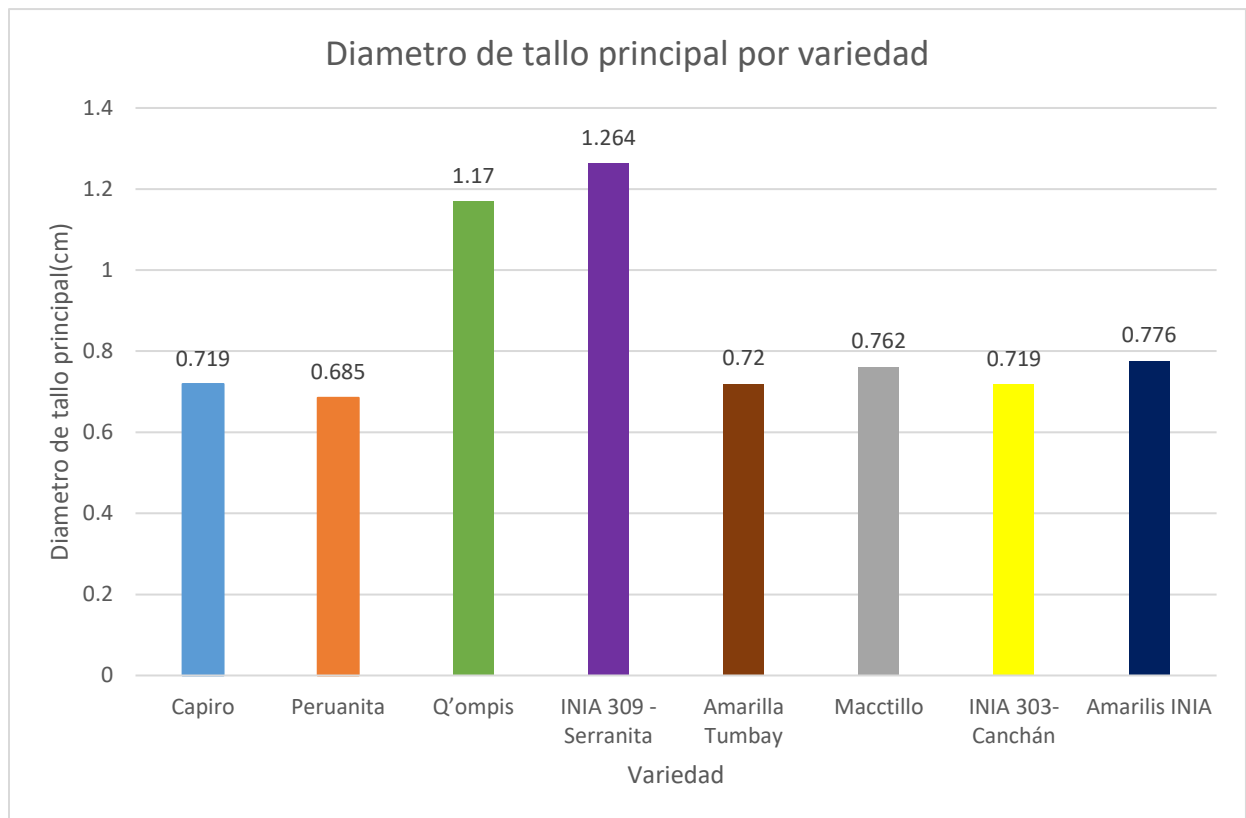
Características agronómicas según variedad de papa

Informe								
Variedad		Diámetro de tallo principal (cm)	Nº de tallos secundarios (unidades)	Altura de tallo principal (cm)	Nº de estolones por planta (unidades)	Longitud de estolón (cm)	Nº de tubérculos por estolón (unidades)	Longitud de raíz (cm)
Capiro	Media	0,719	2,90	72,10	17,50	114,25	3,60	87,00
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,146	,641	9,776	2,947	12,061	,681	9,921
	Mínimo	0,5	2	50	11	90	2	70
	Máximo	1,0	4	91	23	135	5	107
Peruanita	Media	0,685	5,10	80,60	31,25	102,00	7,25	78,45
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,135	1,119	8,882	3,932	12,814	1,446	11,246
	Mínimo	0,5	3	60	23	85	4	50
	Máximo	1,0	7	96	39	125	10	95
Q'ompis	Media	1,170	6,35	160,55	16,00	145,25	3,60	98,80
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,140	1,387	26,427	3,713	11,639	,681	9,243
	Mínimo	1,0	4	100	10	120	3	79
	Máximo	1,5	9	192	23	165	5	116
INIA 309 - Serranita	Media	1,264	6,25	161,65	18,45	140,00	3,55	107,05
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,160	1,293	22,001	4,161	13,278	,759	10,689
	Mínimo	1,0	5	107	12	120	2	89
	Máximo	1,5	9	203	28	165	5	125
Amarilla Tumbay	Media	0,720	2,35	108,85	10,00	102,50	3,60	86,25
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,123	,813	12,642	1,451	14,464	,681	7,129
	Mínimo	0,5	1	89	8	85	3	73
	Máximo	1,0	4	137	13	135	5	95

Informe								
Variedad		Diámetro de tallo principal (cm)	Nº de tallos secundarios (unidades)	Altura de tallo principal (cm)	Nº de estolones por planta (unidades)	Longitud de estolón (cm)	Nº de tubérculos por estolón (unidades)	Longitud de raíz (cm)
Macctillo	Media	0,762	1,35	97,85	9,50	122,75	1,80	81,50
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,131	,813	15,097	1,960	11,059	,616	14,859
	Mínimo	0,5	0	77	6	100	1	50
	Máximo	1,0	3	137	14	140	3	105
INIA 303-Canchán	Media	0,719	3,65	93,40	9,10	122,75	2,80	89,55
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,165	,671	12,236	1,294	7,860	,616	11,874
	Mínimo	0,5	3	67	8	110	2	54
	Máximo	1,0	5	117	12	135	4	108
Amarilis INIA	Media	0,776	,10	33,00	5,80	120,50	1,85	72,90
	N	40	40	40	40	40	40	40
	Desviación	0,054	,308	8,742	1,436	12,555	,671	12,569
	Mínimo	0,7	0	10	3	80	1	32
	Máximo	0,9	1	46	8	140	3	88
Total	Media	0,852	3,51	101,00	14,70	121,25	3,98	87,69
	N	380	380	380	380	380	380	380
	Desviación	0,252	2,323	43,584	8,079	18,826	2,225	15,014
	Mínimo	0,5	0	10	3	80	1	32
	Máximo	1,527	9	203	39	165	10	125

Figura 20

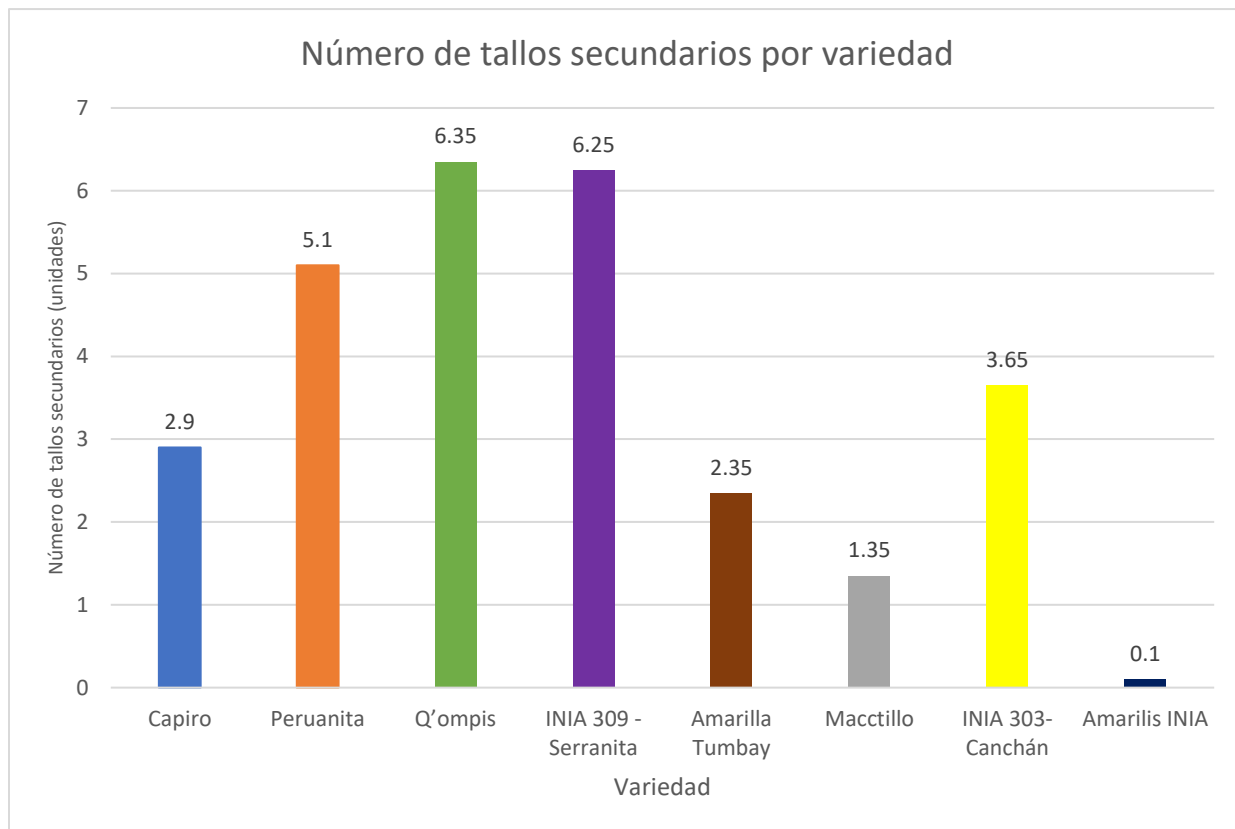
Diámetro de tallo principal (cm)



La variedad INIA 309 - Serranita presentó el mayor diámetro de tallo principal con (1,264 cm), seguida de Q'ompis (1,170 cm), lo cual indica una estructura más robusta y resistente, favorable para el soporte del follaje y la formación de tubérculos en sistemas aeropónicos. Estas características estructurales suelen estar asociadas a una mejor distribución de asimilados y a una mayor estabilidad de la planta. En contraste, Peruanita mostró el diámetro más reducido (0,685 cm), al igual que Capiro y Amarilla Tumbay (ambas en torno a 0,719–0,720 cm), lo que podría limitar su capacidad de sostén y eficiencia fisiológica. Este indicador es clave para valorar la aptitud mecánica de las variedades y su desempeño en entornos sin suelo donde las condiciones son más controladas, pero también más exigentes en términos estructurales.

Figura 21

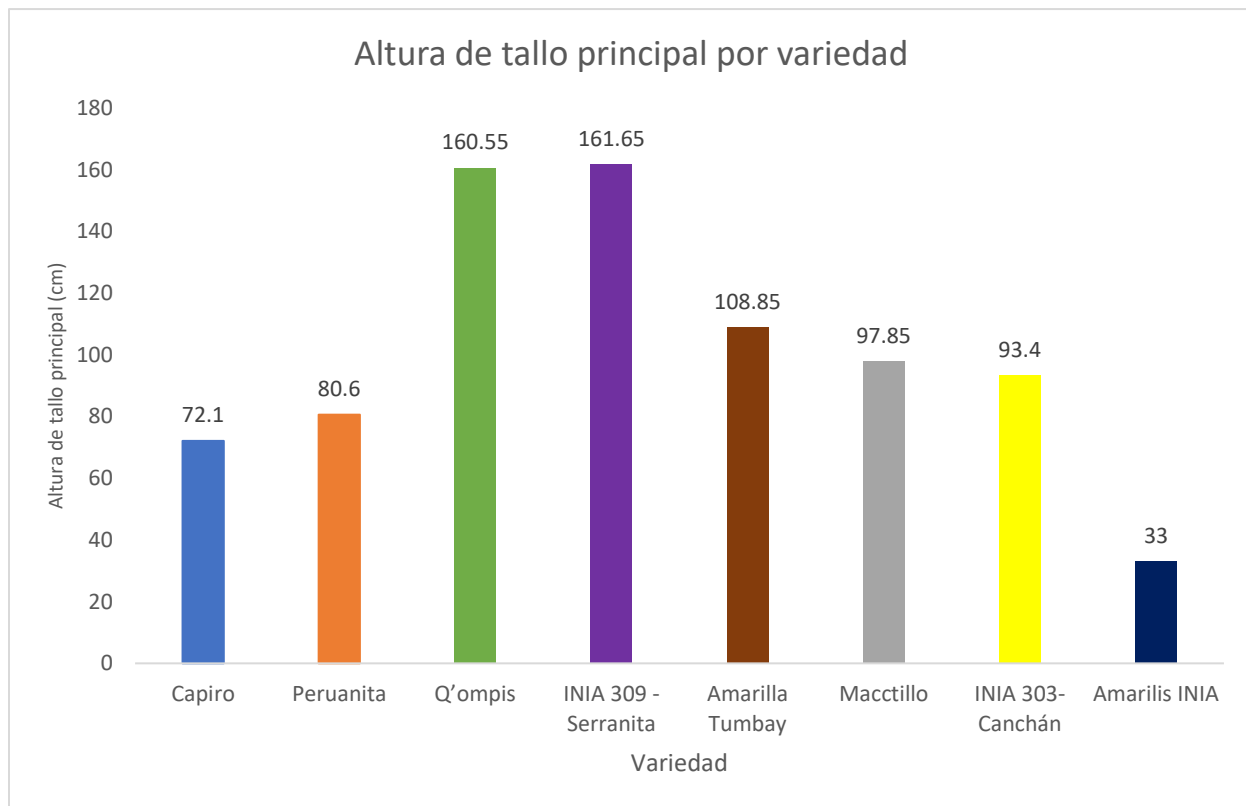
Número de tallos secundarios (unidad)



En cuanto a número de tallos secundarios por planta se observa que las variedades Q'ompis y INIA 309 - Serranita destacaron con una cantidad de 6.35, 6.25 unidades por planta, lo cual indica un crecimiento vegetativo vigoroso bajo el sistema aeropónico. Le sigue a este la variedad Peruanita con 5.1 evidenciando un buen desempeño en esta variable, en contraste a las variedades Capiro, Amarilla Tumbay, Macctillo, y Amarilis INIA que presentaron valores más bajos 2.9, 2.35, 1.35, 0.1 tallos secundarios respectivamente, lo cual sugiere un desarrollo más limitado posiblemente relacionado con su genética o su menor adaptación al entorno aeropónico. En conjunto, estos resultados evidencian diferencias importantes entre las variedades, siendo el número de tallos secundarios un factor relevante en la vigorosidad de la planta.

Figura 22

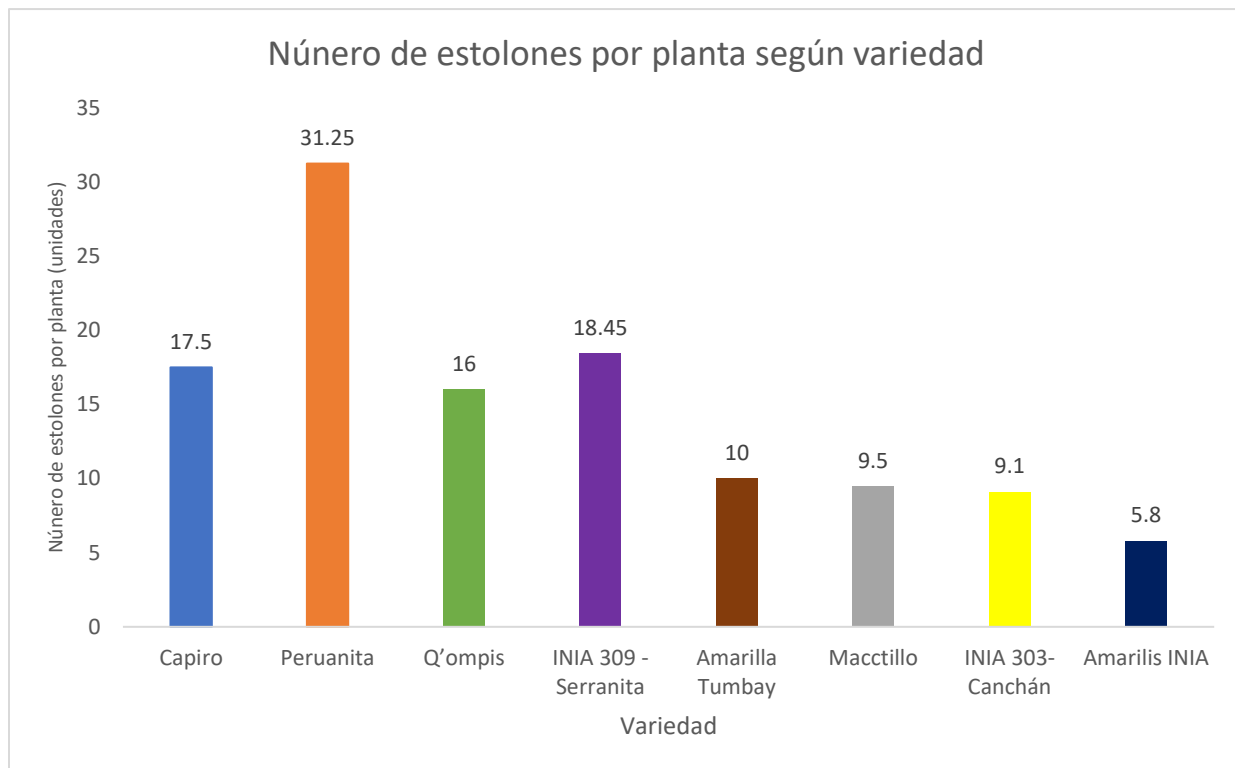
Altura de tallo principal (cm)



Se observa que las variedades INIA 309 - Serranita (161,65 cm) y Q'ompis (160,55 cm) alcanzaron la mayor altura de tallo principal, lo cual indica un crecimiento vegetativo vigoroso bajo el sistema aeropónico. Estas alturas destacan frente al resto de variedades, lo que podría asociarse con una mayor superficie foliar y, por ende, una mayor capacidad fotosintética. En el otro extremo, la variedad Amarilis INIA presentó la menor altura con tan solo 33,00 cm, seguida por INIA 303- Cancán (93,40 cm) y Macctillo (97,85 cm), lo cual sugiere un desarrollo más limitado posiblemente relacionado con su genética o su menor adaptación al entorno aeropónico. En conjunto, estos resultados evidencian diferencias importantes entre las variedades, siendo la altura un factor relevante para el soporte y la eficiencia fisiológica en cultivos sin suelo.

Figura 23

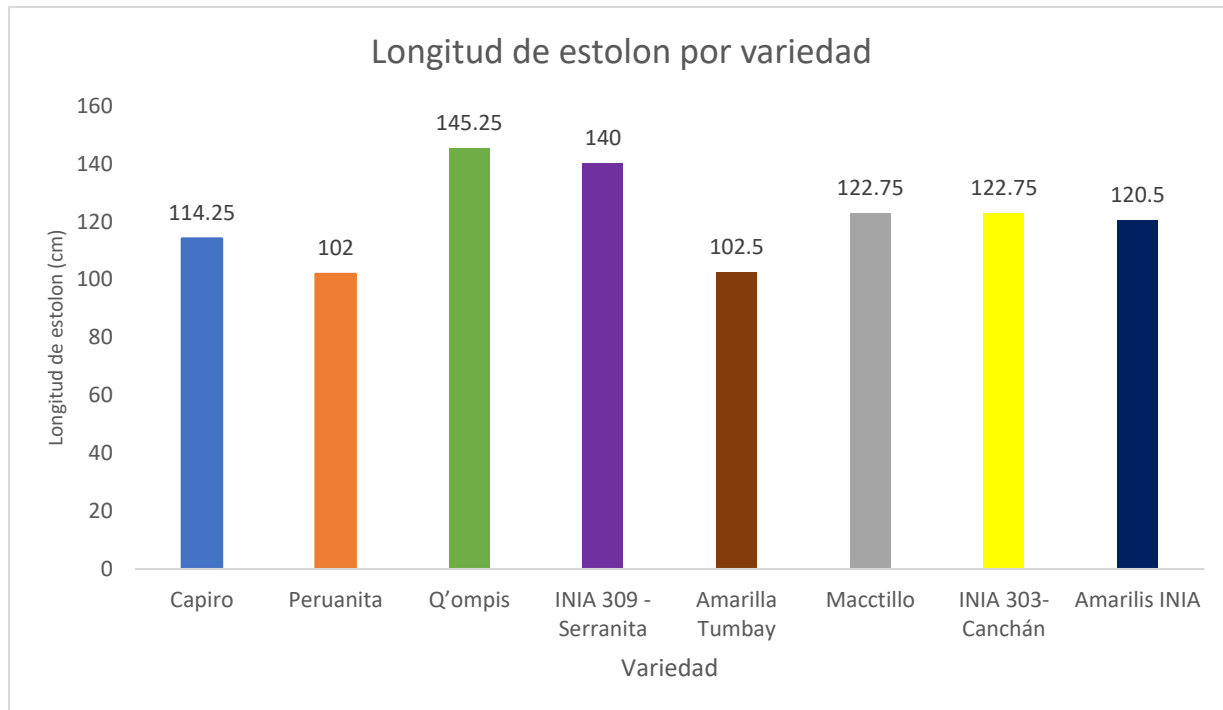
Número de estolones por planta(unidades)



En cuanto al número de estolones por planta, la variedad Peruanita destacó con una media de 31,25 estolones, superando ampliamente al resto de variedades, lo que la posiciona como la de mayor potencial para la formación de tubérculos. Le siguieron INIA 309 - Serranita (18,45) y Capiro (17,50), también con buen desempeño en esta variable. En contraste, Amarilis INIA y Macctillo presentaron los valores más bajos, con 5,80 y 9,50 estolones respectivamente, lo que podría limitar su capacidad productiva en términos de cantidad de tubérculos formados. Estos resultados refuerzan la importancia de esta característica morfológica en la selección de variedades para sistemas aeropónicos, donde un mayor número de estolones puede traducirse en una mayor eficiencia productiva.

Figura 24

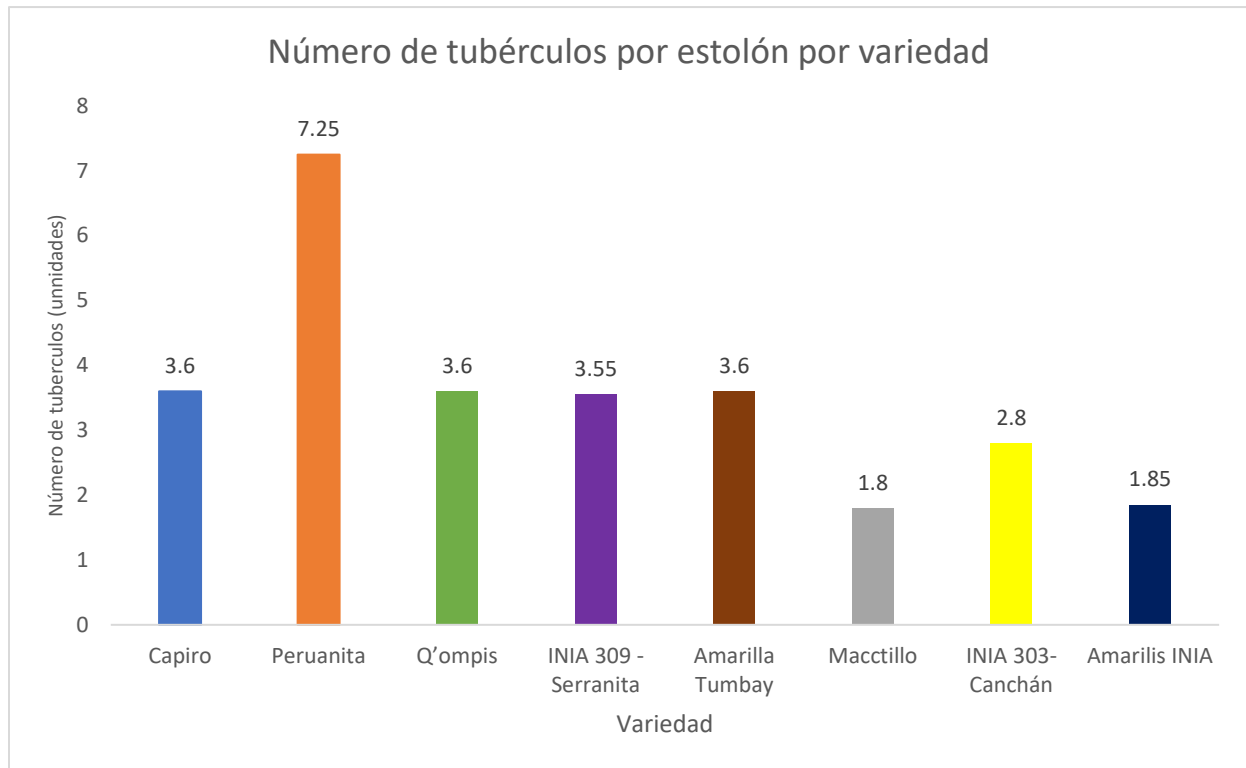
Longitud de estolón por variedad (cm)



La longitud medida de estolón se registró en la variedad Q'ompis, con una longitud promedio de 145,25 cm, seguida por INIA 309 - Serranita (140,00 cm), INIA 303- Canchán y Macctillo (ambas con 122,75 cm). Estas longitudes indican un desarrollo radicular vigoroso, lo que favorece una distribución más amplia de los tubérculos y reduce la competencia entre ellos. En contraste, las variedades con menor longitud de estolones fueron Peruanita (102,00 cm) y Capiro (114,25 cm), aunque aún dentro de rangos aceptables para condiciones aeropónicas. Una mayor medida de estolón suele estar asociada a un mayor número y tamaño de tubérculos, por lo que este parámetro es clave para evaluar la eficiencia fisiológica de las variedades en cultivos sin suelo.

Figura 25

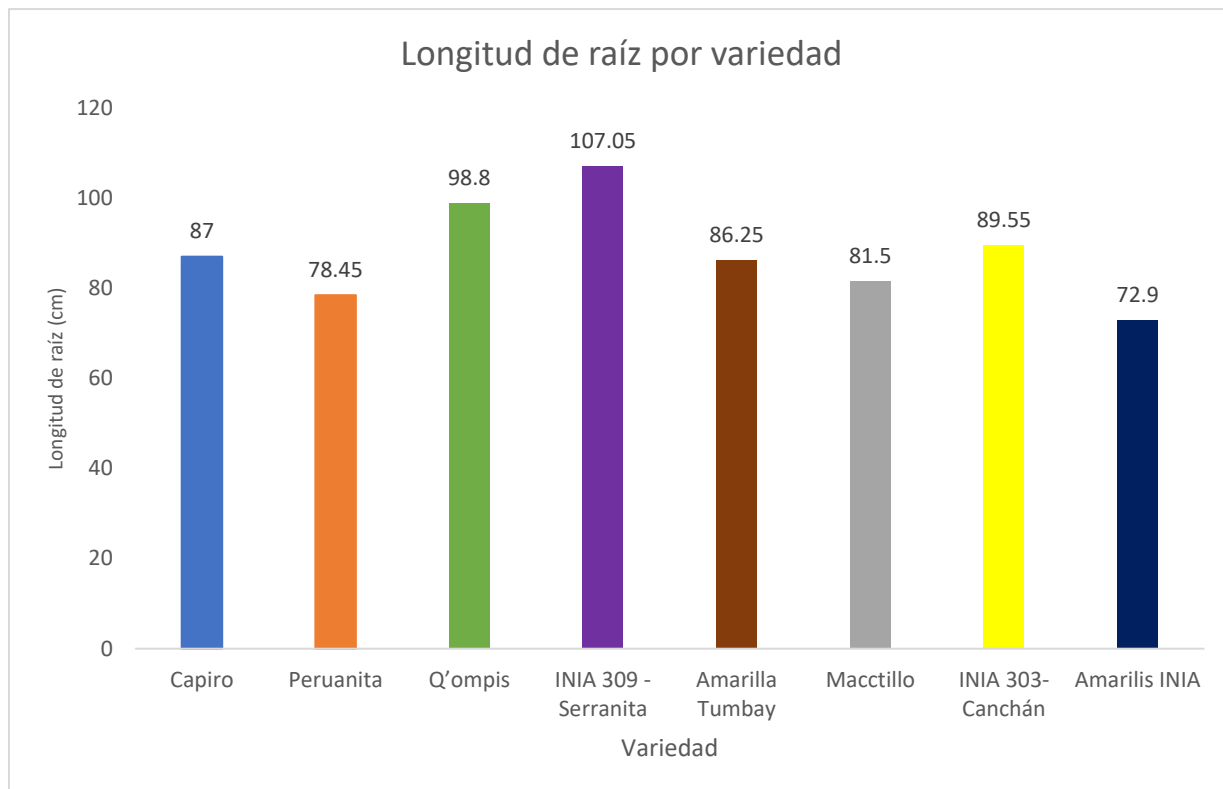
Número de tubérculos por estolón (unidad)



En la Figura se presenta el número promedio de tubérculos por estolón se observa que la mayor cantidad se registró en la variedad Peruanita, con un promedio de 7,25 tubérculos por estolón, evidenciando una alta capacidad de tuberización. En un grupo intermedio se ubicaron las variedades Capiro, Q'ompis y Amarilla Tumbay, todas con 3,6 tubérculos, seguidas de INIA 309 - Serranita con 3,55, lo que indica un comportamiento productivo moderado. En contraste, las menores cantidades se observaron en INIA 303- Canchán (2,8), Amarilis INIA (1,85) y Macctillo (1,8), reflejando una menor eficiencia en la formación de tubérculos por estolón. Estas diferencias ponen de manifiesto la variabilidad varietal y la relevancia de este indicador para la evaluación del potencial productivo en sistemas de cultivo aeropónico.

Figura 26

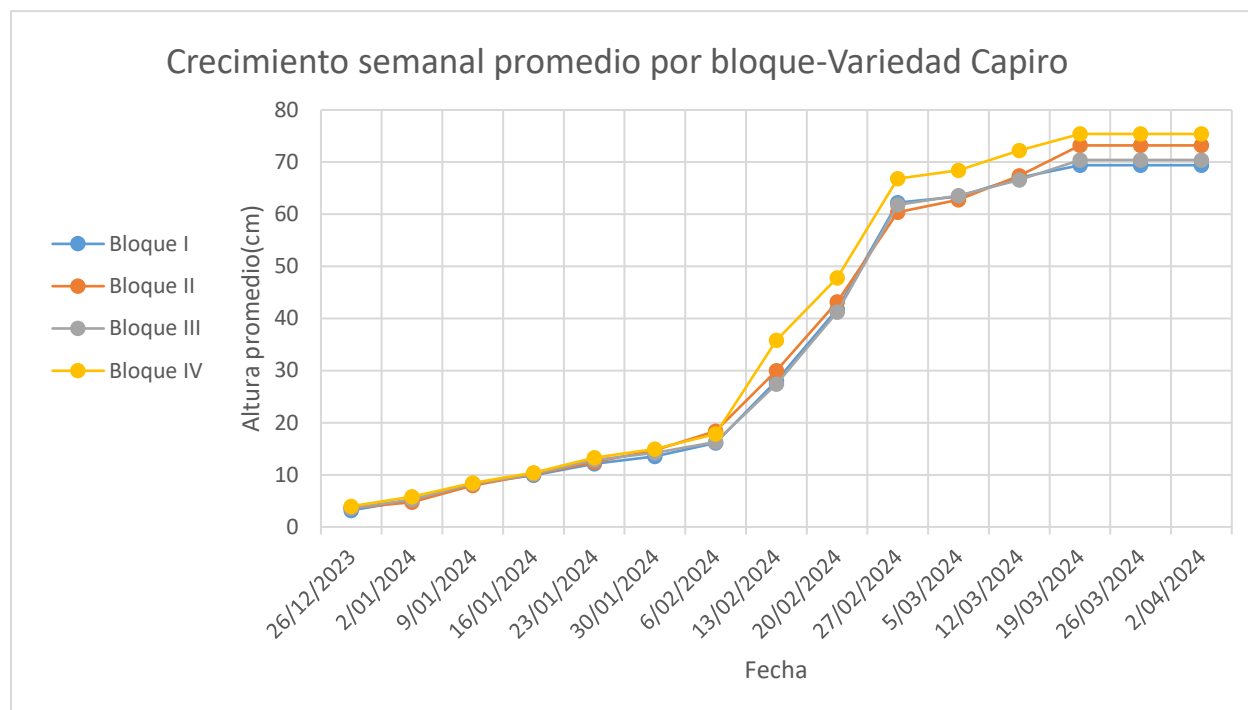
Longitud de raíz por variedad (cm)



La variedad INIA 309 - Serranita presentó el mayor tamaño promedio de raíz con 107,05 mm, seguida por Q'ompis (98,80 mm) y INIA 303- Cancán (89,55 mm), lo que evidencia una mejor capacidad de absorción de nutrientes y agua en condiciones aeropónicas. Este desarrollo radicular robusto puede contribuir significativamente al rendimiento general, al facilitar el soporte fisiológico del cultivo. Por el contrario, Amarilis INIA mostró el menor tamaño radicular (72,90 mm), junto con Peruanita (78,45 mm) y Macctillo (81,50 mm), lo cual podría limitar su eficiencia en la captación de nutrientes. Estos resultados sugieren que la selección varietal en sistemas aeropónicos debe considerar no solo el número de estolones o tubérculos, sino también el desarrollo de raíces como indicador de adaptación y productividad.

Figura 27

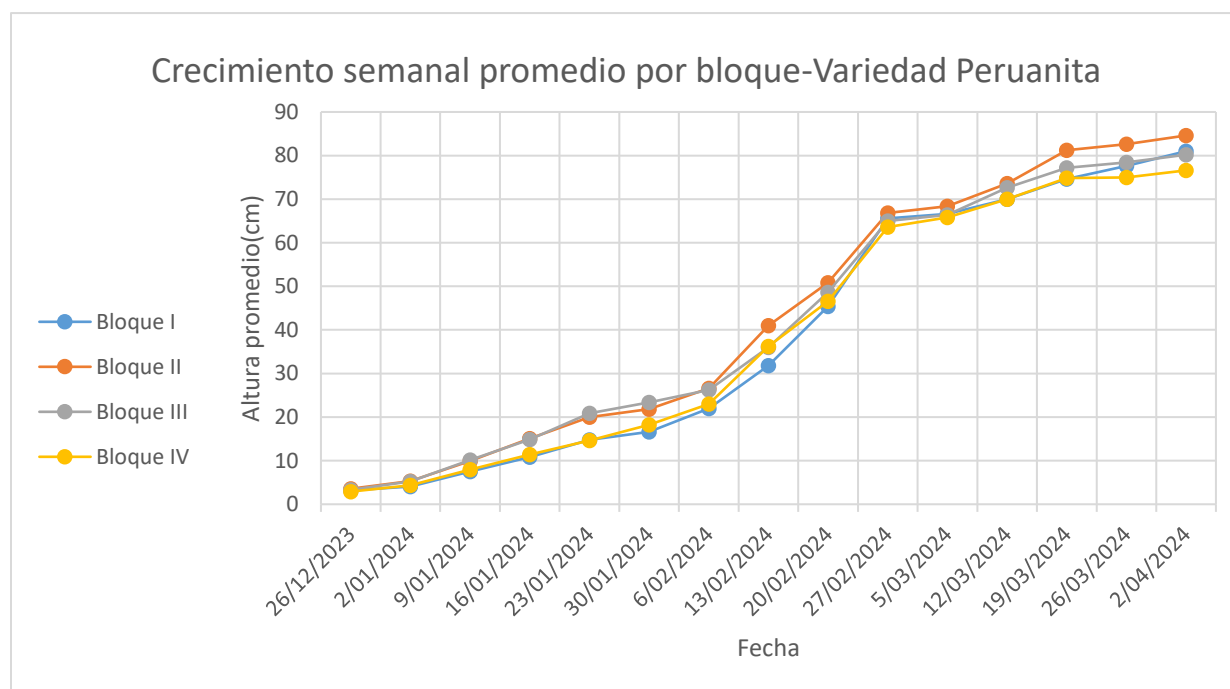
Crecimiento semanal por planta – Variedad Capiro(cm)



En el gráfico se muestra cómo fue creciendo la planta de papa variedad Capiro durante varias semanas. Al inicio, en las primeras semanas, todas las plantas eran pequeñas, con una altura promedio menor a 10 cm. Luego, a partir de la cuarta semana, el crecimiento fue aumentando poco a poco. Lo más notorio se da entre la séptima y octava semana, donde se observa un crecimiento fuerte en todos los bloques. Para la fecha final, la mayoría de las plantas llegó a alturas mayores a 65 cm. Se puede notar que el bloque IV tuvo un crecimiento un poco más alto que los demás, mientras que el bloque I fue el que creció un poco menos, pero en general todos tuvieron resultados parecidos. Esto indica que el sistema aeropónico funcionó bien para esta variedad, ya que permitió un crecimiento constante y parejo en los cuatro bloques.

Figura 28

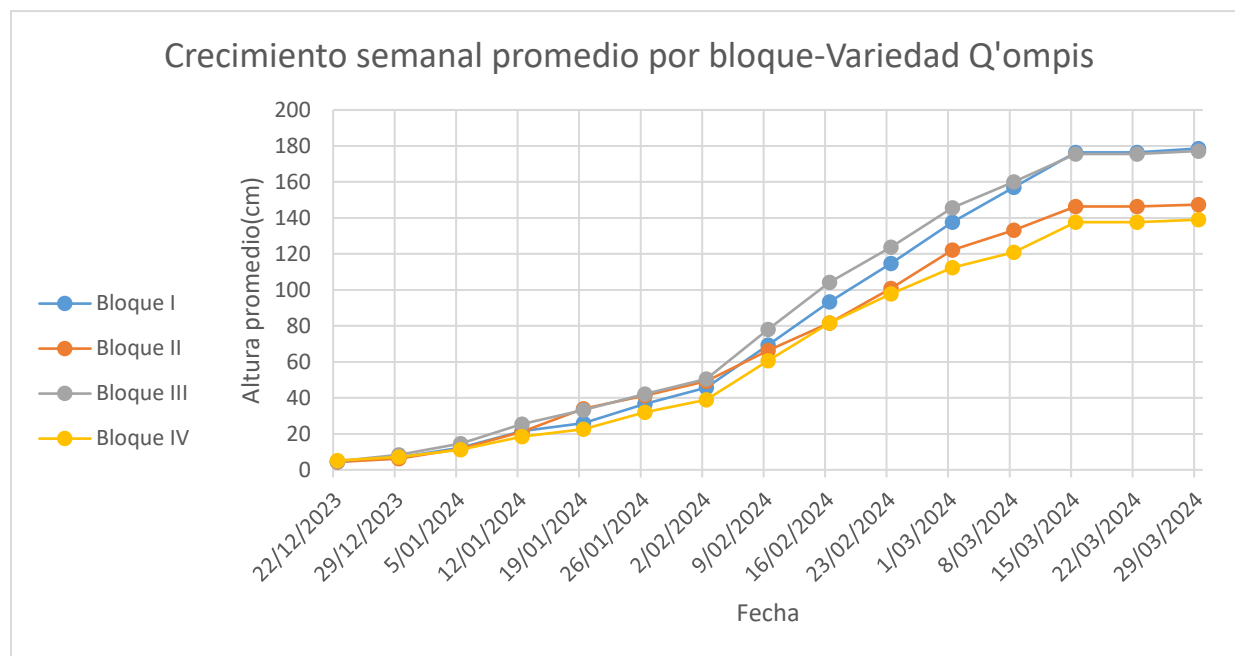
Crecimiento semanal por planta– Variedad Peruanita(cm)



La figura muestra el crecimiento semanal de la variedad de papa Peruanita, en los cuatro bloques del experimento. Al inicio, todas las plantas eran pequeñas, con alturas menores a 10 cm. Durante las dos primeras semanas el crecimiento fue lento y parejo entre los bloques. A partir de la tercera semana, el desarrollo de las plantas se aceleró, alcanzando alturas superiores a 70 cm en los últimos días. Se nota que en el bloque II fueron las plantas que crecieron un poco más, mientras que el bloque IV tuvo un crecimiento ligeramente menor, aunque la diferencia no es muy marcada. En general, el gráfico muestra que la variedad Peruanita tuvo un buen desarrollo en el sistema aeropónico, con resultados similares en todos los bloques y un crecimiento constante durante el tiempo evaluado.

Figura 29

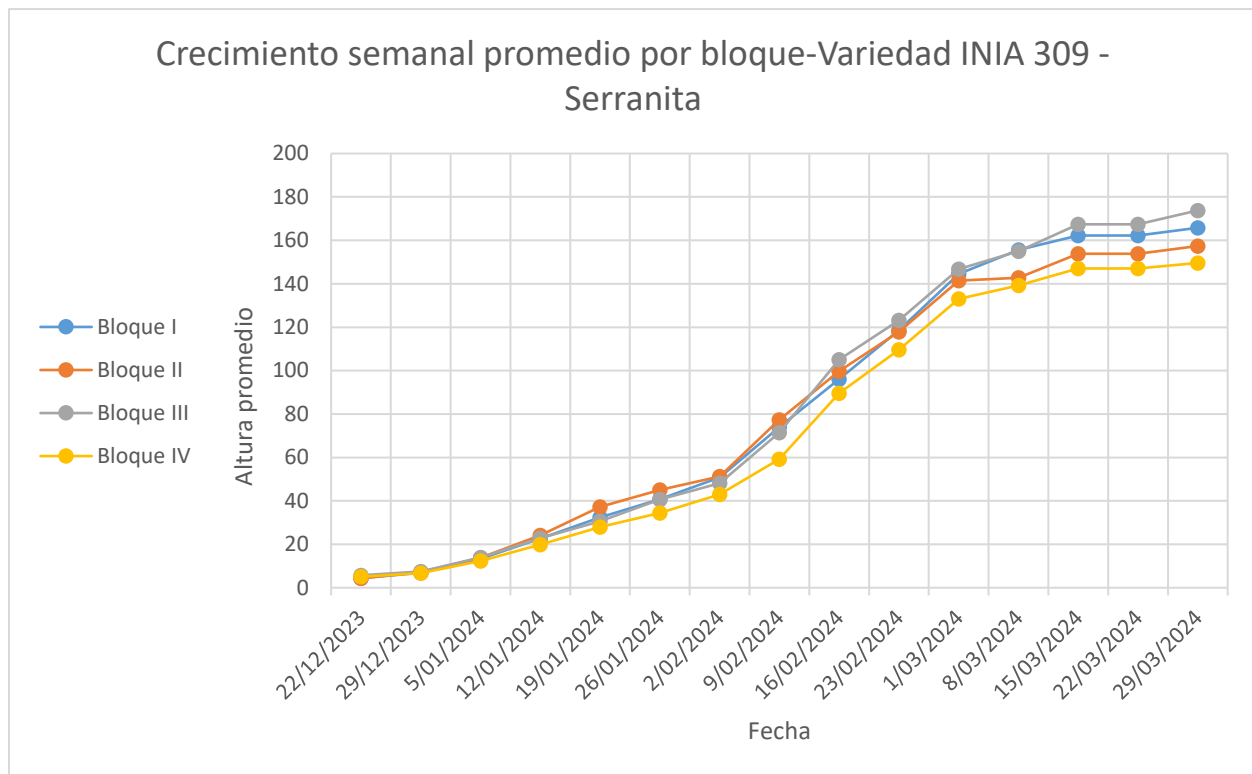
Crecimiento semanal por planta – Variedad Q'ompis(cm)



En el gráfico se presenta el crecimiento semanal de las plantas de papa variedad Q'ompis en los cuatro bloques evaluados. Desde el inicio (12/01/2024), las plantas comenzaron con una altura aproximada de 20 cm. A medida que pasaron las semanas, se observa un aumento constante en el crecimiento. El mayor avance se nota entre la séptima y la treceava semana, donde las plantas superan los 100 cm de altura. Al final del periodo, se aprecia que el bloque I logró el mayor crecimiento, alcanzando casi los 180 cm, mientras que los bloques II y IV quedaron por debajo, aunque también con alturas importantes, alrededor de 150 cm. Este comportamiento indica que la variedad Q'ompis respondió muy bien al sistema aeropónico, con un desarrollo vigoroso y continuo, aunque con ligeras diferencias entre bloques, posiblemente por condiciones internas del sistema o manejo.

Figura 30

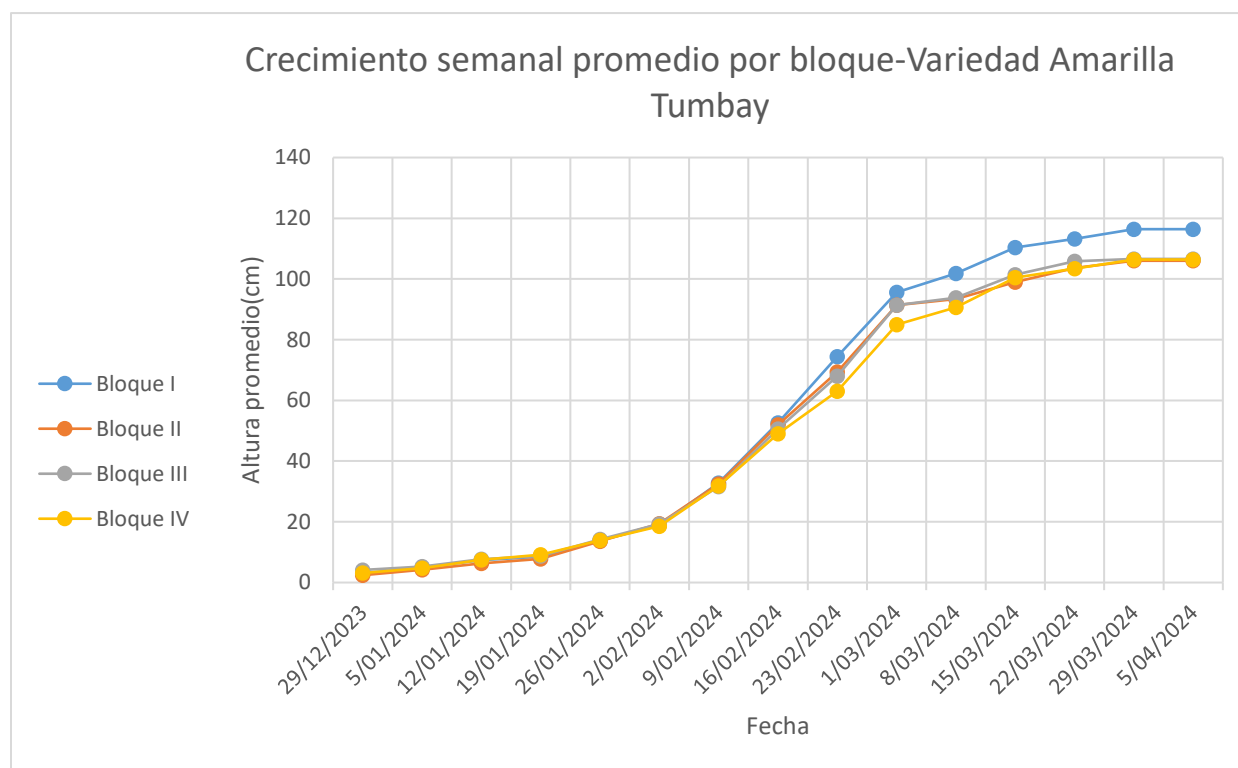
Crecimiento semanal por planta– Variedad INIA 309 - Serranita(cm)



La figura muestra el crecimiento semanal promedio de la papa variedad INIA 309 - Serranita en los diferentes bloques. Al comenzar la cuarta semana, las plantas tenían una altura promedio menor a 20 cm. Durante las semanas siguientes, el crecimiento fue constante y progresivo. Un cambio importante se observa en la séptima semana, donde el crecimiento se acelera en todos los bloques. Al final del periodo, las plantas del bloque III fueron las que alcanzaron mayor altura alrededor de 170 cm, mientras que el bloque IV mostró una altura ligeramente menor, cerca de los 140 cm. Aunque hay algunas diferencias entre bloques, en general se aprecia un desarrollo estable y favorable. La variedad INIA 309 - Serranita también respondió de manera positiva al sistema aeropónico, manteniendo una tendencia de crecimiento continuo.

Figura 31

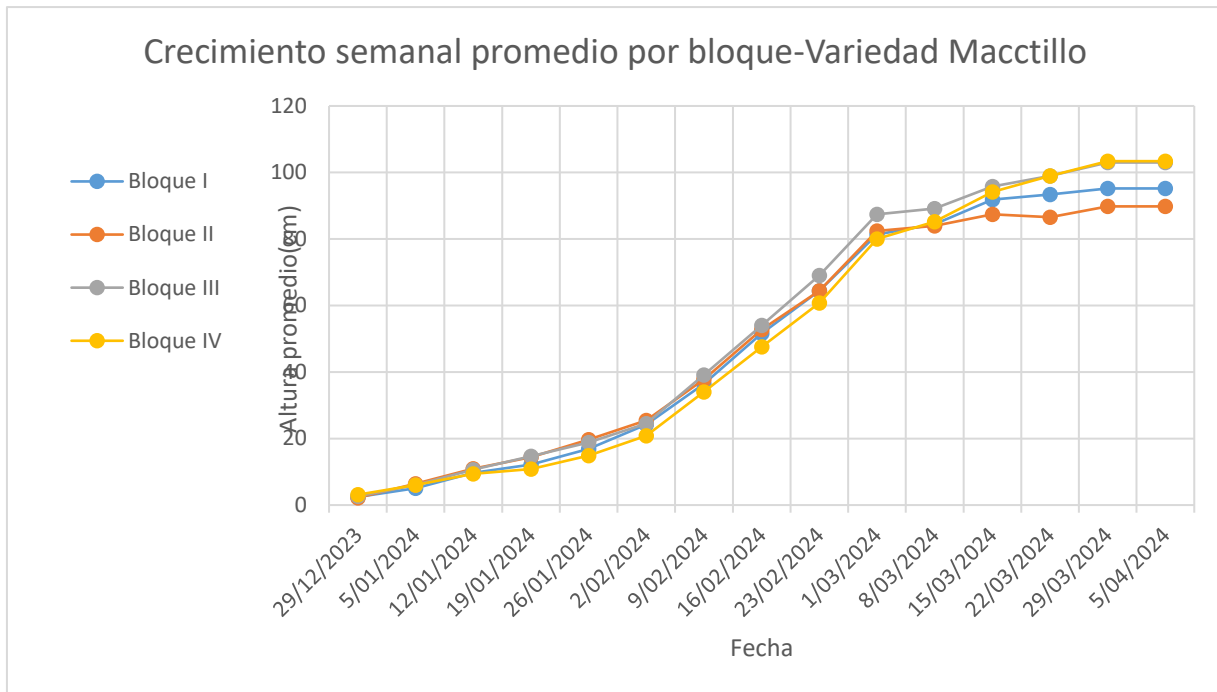
Crecimiento semanal por planta – Variedad Amarilla Tumbay(cm)



La figura presenta el crecimiento semanal promedio de la variedad de papa Amarilla Tumbay en los cuatro bloques del sistema aeropónico. Al inicio, todas las plantas tenían una altura menor a 10 cm, mostrando un desarrollo inicial lento pero constante. A partir de la séptima semana, se observa un aumento más rápido en el crecimiento. Para la décima semana, las plantas ya superaban los 80 cm en promedio, y hacia el final del periodo llegaron a alcanzar alturas cercanas a los 115 cm. Los cuatro bloques muestran trayectorias muy similares, con una ligera ventaja en el bloque I, que alcanza el valor más alto. Las diferencias entre bloques son mínimas, lo cual indica que esta variedad tuvo un crecimiento bastante uniforme. En general, la variedad Amarilla Tumbay respondió favorablemente al sistema aeropónico, con un buen ritmo de desarrollo y sin grandes diferencias entre bloques.

Figura 32

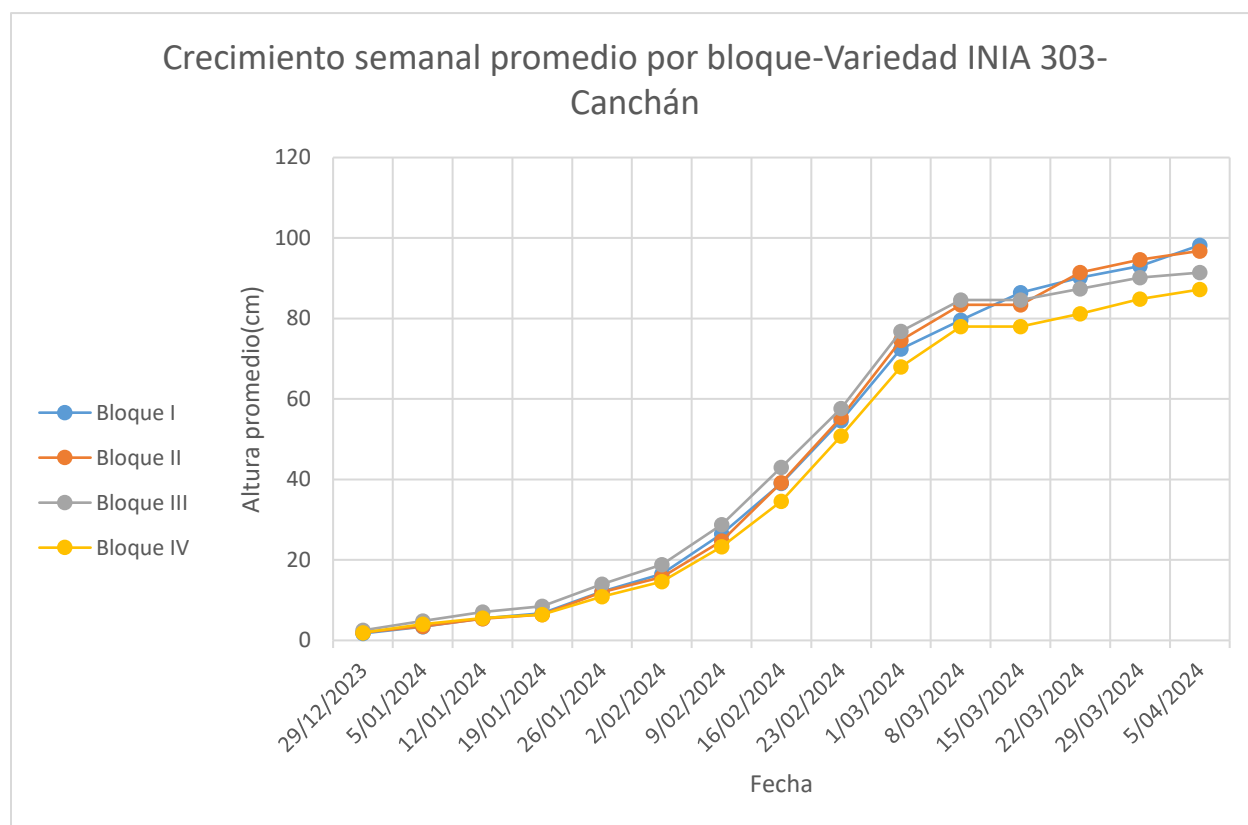
Crecimiento semanal por planta– Variedad Macctillo(cm)



La figura muestra cómo fue el crecimiento semanal de la papa variedad Amarilla Macctillo en los cuatro bloques del sistema aeropónico. Al principio, las plantas eran pequeñas, con menos de 10 cm de altura promedio. Sin embargo, semana a semana fueron creciendo de manera constante. A partir de la sexta semana, el crecimiento fue más acelerado, llegando a superar los 90 cm. Al final del periodo, el bloque IV fue el que alcanzó mayor altura, superando ligeramente los 100 cm, mientras que los bloques I y II terminaron un poco por debajo, cerca de los 95 cm. En general, la variedad Macctillo tuvo un desarrollo positivo y bastante regular entre bloques. Las diferencias fueron mínimas, lo que sugiere que el sistema aeropónico permitió un crecimiento equilibrado para esta variedad.

Figura 33

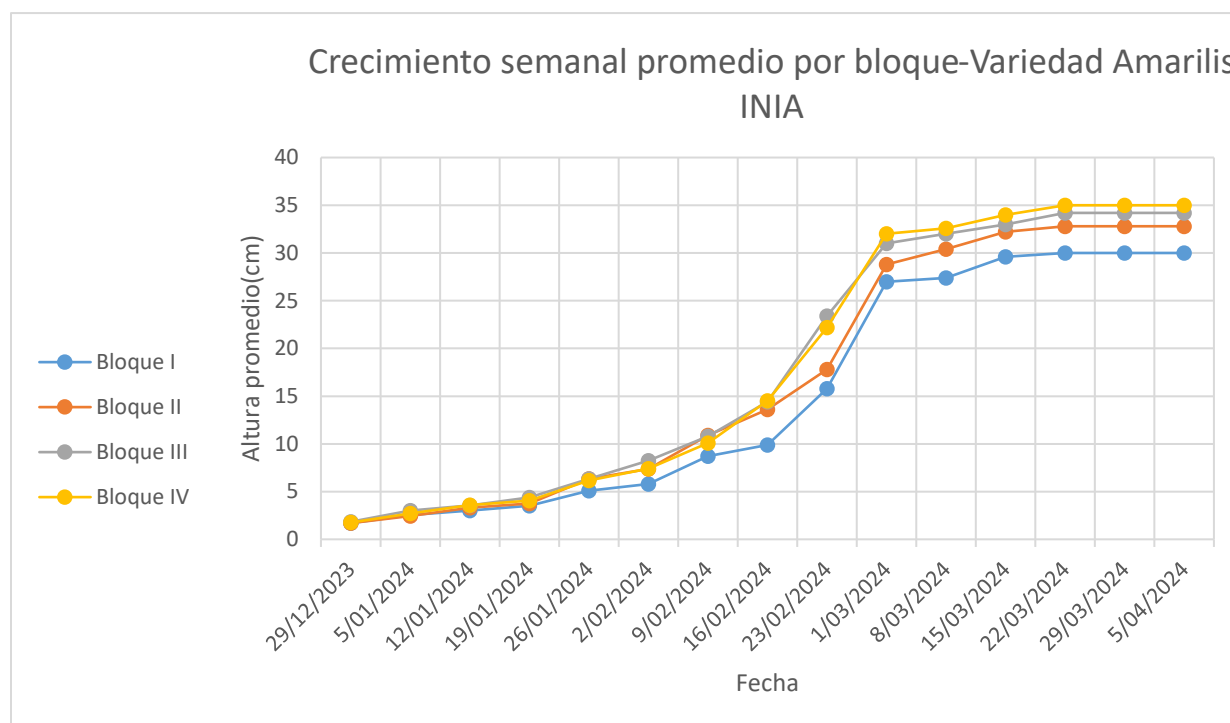
Crecimiento semanal por planta – Variedad INIA 303- Canchán(cm)



En este gráfico se puede ver cómo fue el crecimiento de la papa variedad INIA 303- Canchán durante las semanas que duró la evaluación. Desde la primera fecha, las plantas comenzaron con alturas muy bajas, pero su desarrollo fue constante y parejo en todos los bloques. El mayor crecimiento ocurrió entre la décima y la onceava semana, momento en que las plantas superaron los 80 cm. Al final del periodo, las alturas promedio llegaron a bordear o superar ligeramente los 100 cm, siendo el bloque I y II los que alcanzaron el valor más alto. Aunque hay pequeñas diferencias entre los bloques, el crecimiento general fue bastante uniforme. Esto demuestra que el sistema aeropónico fue adecuado para esta variedad, ya que permitió un desarrollo saludable y regular en todos los bloques.

Figura 34

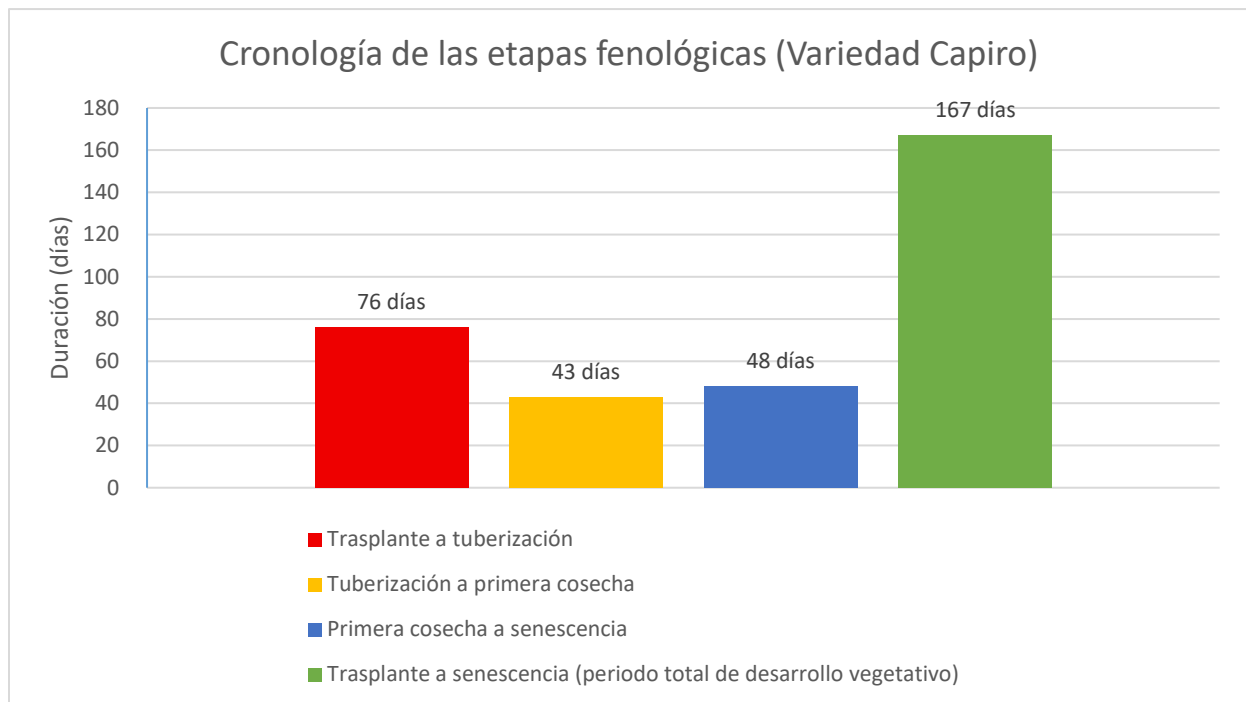
Crecimiento semanal por planta–Variedad Amarilis INIA (cm)



La figura muestra cómo fue el crecimiento semanal de la papa variedad Amarilis INIA en los cuatro bloques del sistema aeropónico. Al principio, las plantas eran pequeñas con un crecimiento constante, con menos de 10 cm de altura promedio hasta la sexta semana. Sin embargo, a partir de la séptima semana, el crecimiento fue más acelerado, llegando a superar los 30 cm. Al final del periodo, el bloque IV fue el que alcanzó mayor altura, superando ligeramente a los demás bloques, mientras que el bloque I terminó un poco por debajo, cerca de los 30 cm. En general, la variedad Amarilis INIA tuvo un desarrollo lento y por debajo del promedio regular entre bloques. Las diferencias fueron mínimas entre bloques, lo que sugiere que el sistema aeropónico permitió un crecimiento equilibrado para esta variedad. Sin embargo, esta variedad no tuvo un desarrollo esperado bajo este sistema.

Figura 35

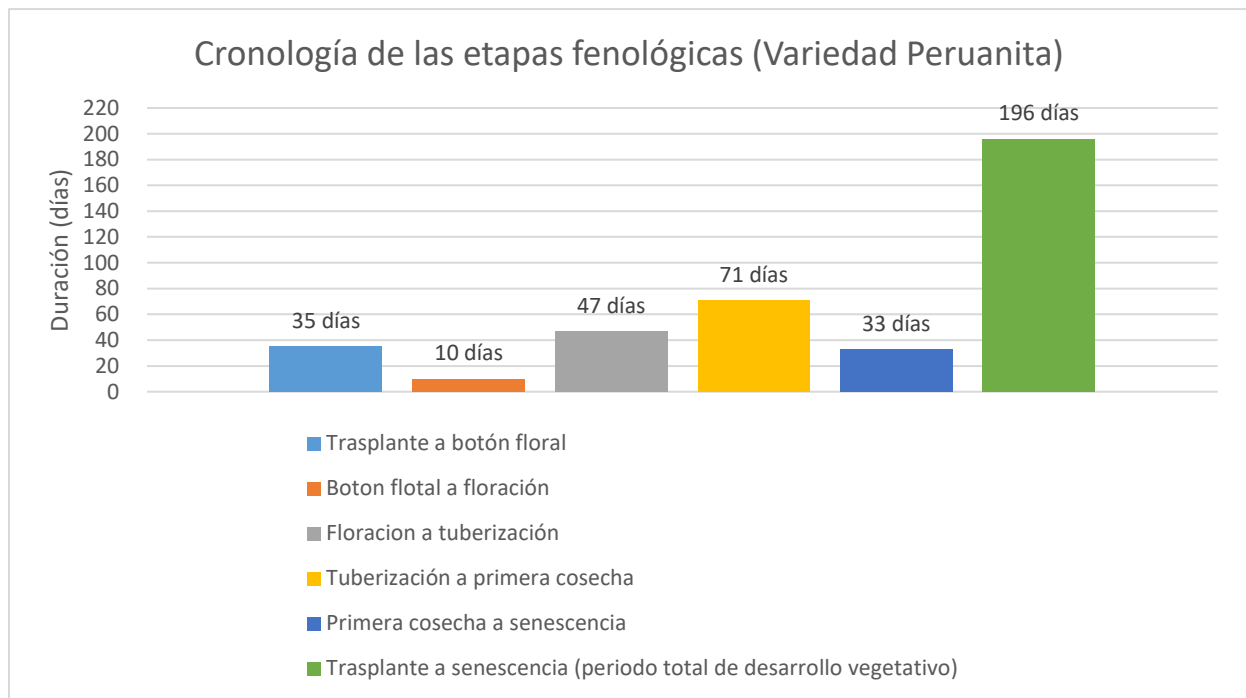
Días del periodo vegetativo – Variedad Capiro



La figura muestra la duración de las etapas fenológicas registradas para la variedad Capiro. Se observa que esta variedad no cuenta con la fase de floración. En cuanto al desarrollo vegetativo, la etapa desde el trasplante hasta la tuberización duró 76 días, desde esta etapa hasta la primera cosecha fueron 43 días, mientras que la fase de la primera cosecha hasta la senescencia se extendió por 48 días. Sumando todos los periodos, se llega a un total de 167 días desde el trasplante hasta la cosecha, que representa el ciclo completo observado para esta variedad. Este gráfico resalta que, si bien no se registraron ciertos eventos reproductivos, la variedad completó su desarrollo productivo de forma adecuada, manteniendo un periodo vegetativo relativamente corto en comparación con otras variedades de papa.

Figura 36

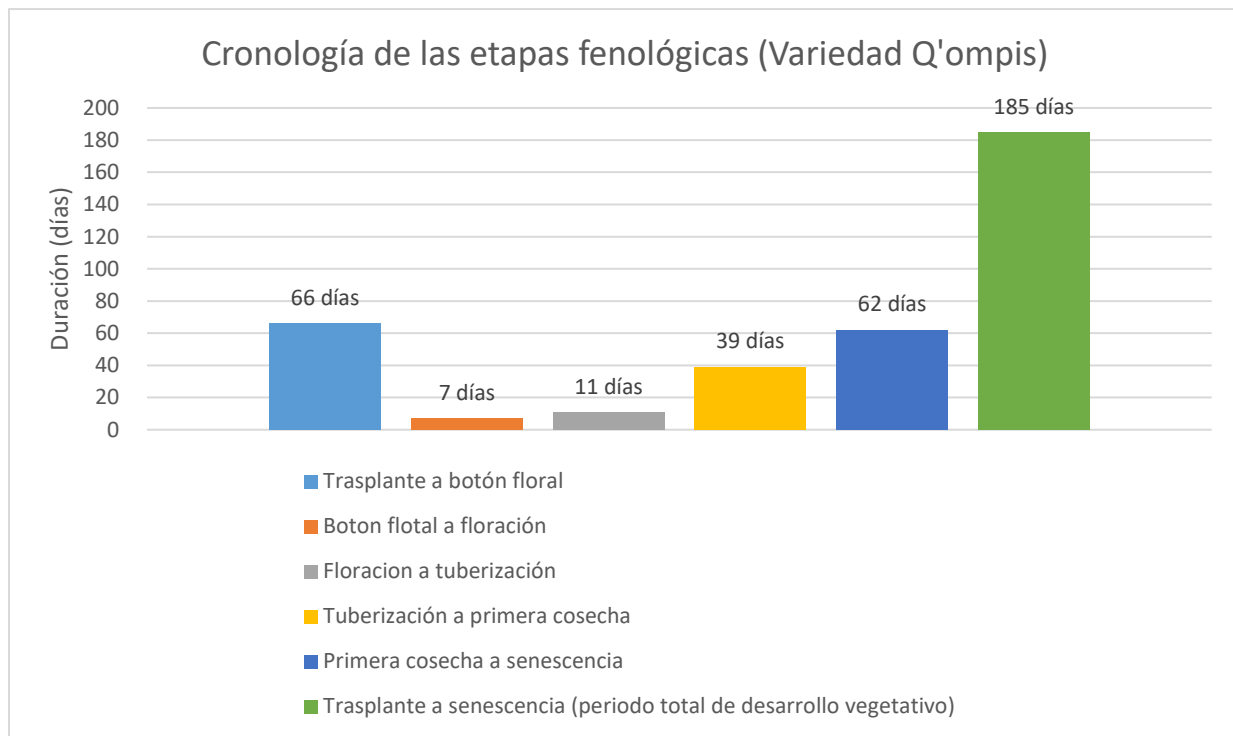
Días del periodo vegetativo – Variedad Peruanita



La figura muestra la cronología de las etapas fenológicas de la variedad Peruanita. A diferencia de la variedad anterior, en este caso sí se registraron datos de casi todas las fases del desarrollo de la planta. Desde el trasplante hasta el botón floral pasaron 35 días, y luego se necesitaron 10 días más para llegar a la floración. Posteriormente, transcurrieron 47 días hasta la fase de tuberización, seguida de una etapa más prolongada de 71 días hasta la cosecha. Finalmente, la planta atravesó una fase desde la primera cosecha hasta la senescencia que duró 33 días. En total, el ciclo completo desde la siembra hasta la cosecha fue de 196 días, siendo uno de los periodos más largos registrados. Este comportamiento sugiere que la Peruanita tiene un desarrollo más lento, con etapas bien marcadas, lo cual podría influir en la planificación del cultivo y en la elección del sistema de producción.

Figura 37

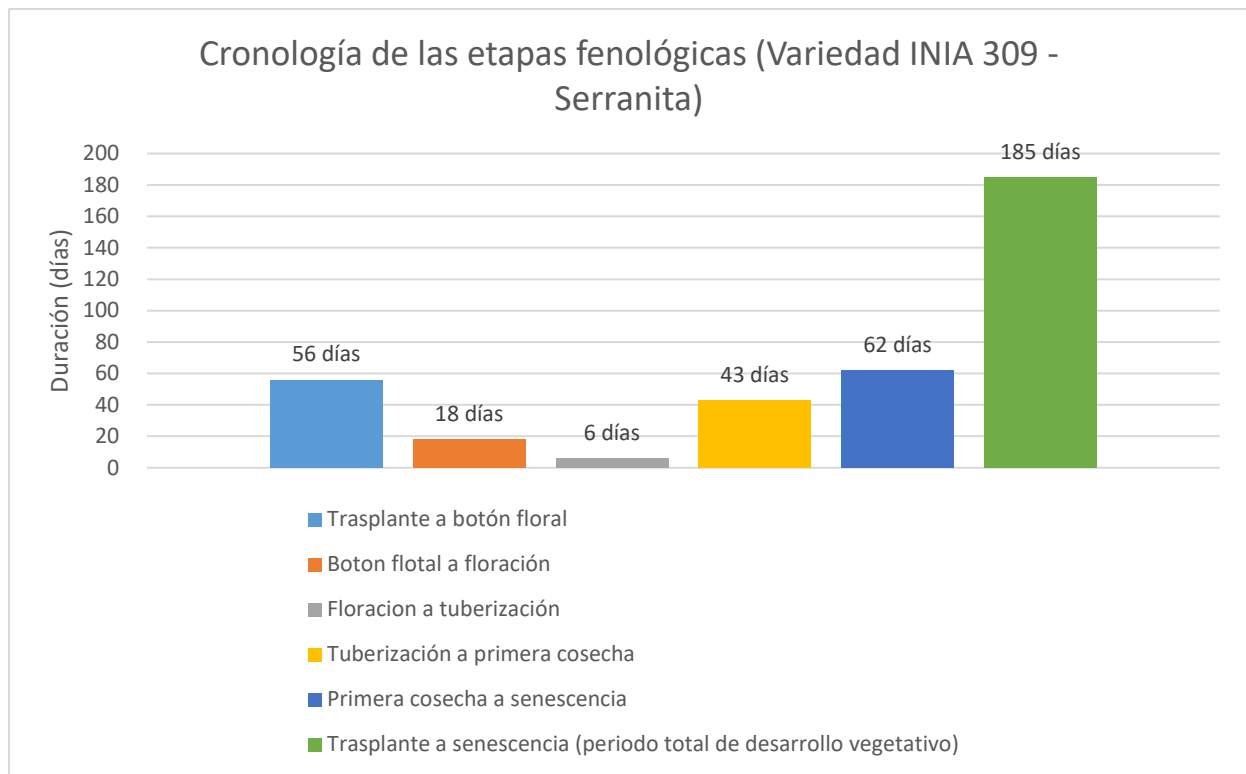
Días del periodo vegetativo – Variedad Q'ompis



La figura presenta la duración de las etapas fenológicas para la variedad Q'ompis. Desde el trasplante hasta el botón floral transcurrieron 66 días. Luego, la formación floral y floración tomó 7 días adicionales. La etapa de floración a tuberización duró 11 días, seguida por un periodo de 39 días hasta la primera cosecha. Posteriormente, se registró los días desde la primera cosecha hasta la senescencia de 62 días, lo que indica una fase final prolongada antes del deterioro completo de la planta. En total, el ciclo desde la siembra hasta la cosecha tuvo una duración de 185 días, un tiempo moderado dentro del rango observado en las distintas variedades del estudio. Este comportamiento muestra que la Q'ompis completó su desarrollo productivo con una secuencia clara de etapas, lo cual facilita su seguimiento en cultivos técnicos bajo condiciones controladas.

Figura 38

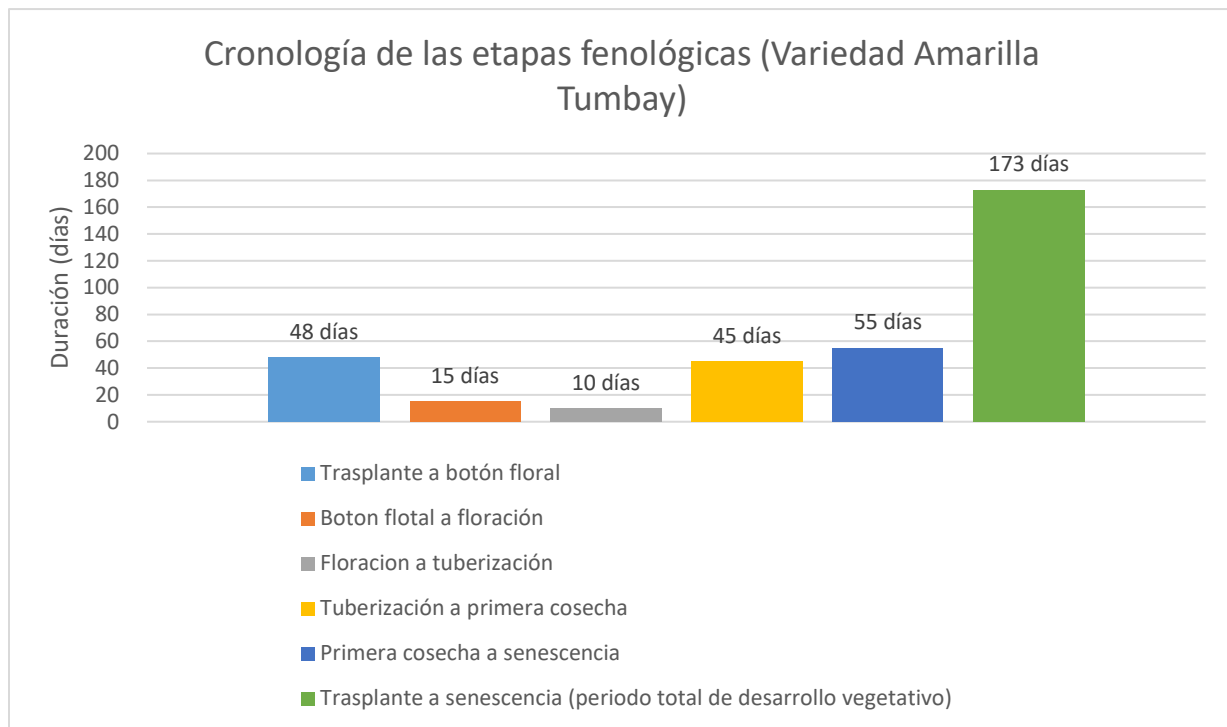
Días del periodo vegetativo – Variedad INIA 309 - Serranita



La figura muestra cómo se distribuyeron las etapas fenológicas de la papa variedad INIA 309 - Serranita. El primer tramo, desde el trasplante hasta la aparición del botón floral tuvo una duración de 56 días. Luego, el paso de botón floral a floración tomó 18 días, y la floración hasta la tuberización solo duró 6 días, siendo esta la etapa más corta del proceso. Después, desde la tuberización hasta la primera cosecha pasaron 43 días, y finalmente se registró desde la primera cosecha hasta la senescencia pasaron 62 días, igual que en la variedad Q'ompis. En total, el ciclo completo desde el trasplante hasta la cosecha fue de 185 días al igual que la variedad Q'ompis. Este desarrollo muestra que la INIA 309 - Serranita tiene una primera etapa vegetativa más prolongada, pero en conjunto mantiene un tiempo total de crecimiento similar al de otras variedades de buen rendimiento.

Figura 39

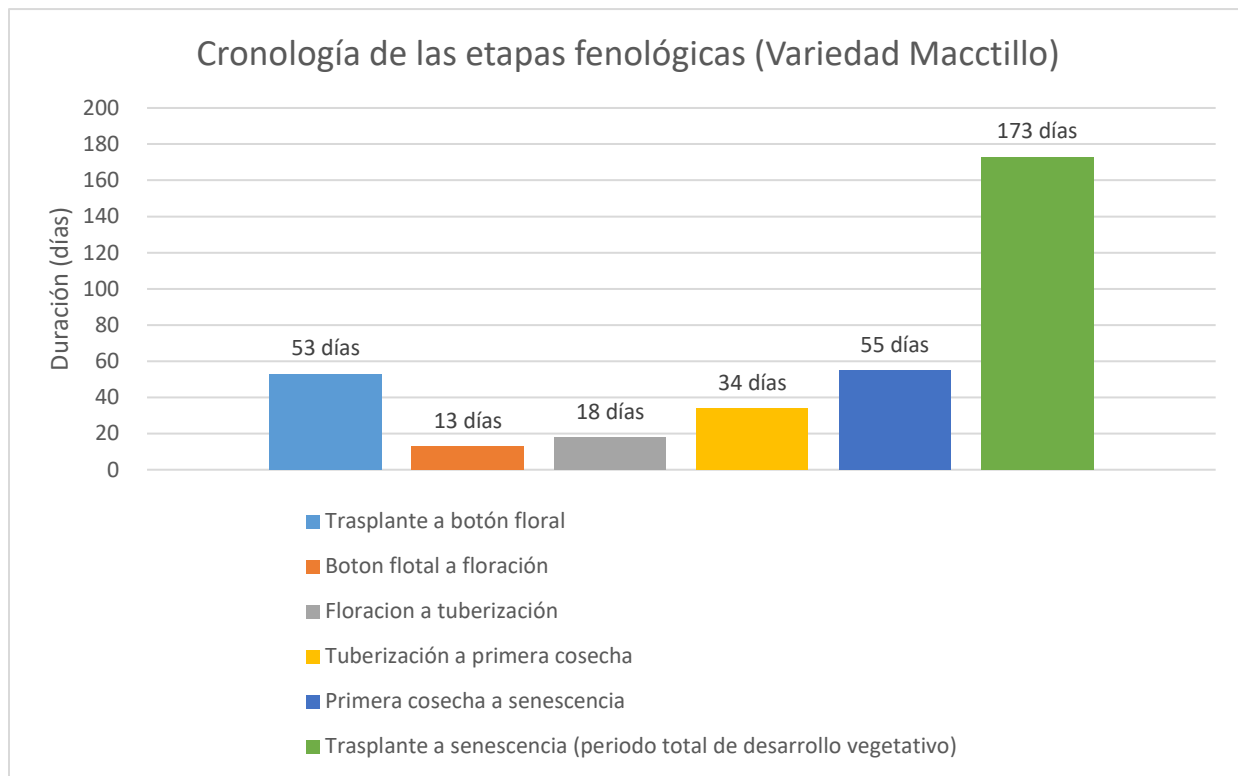
Días del periodo vegetativo – Variedad Amarilla Tumbay



La figura muestra la duración de las etapas fenológicas de la papa variedad Amarilla Tumbay. Desde el trasplante hasta el botón floral transcurrieron 48 días, mientras que el paso de botón floral a floración tomó 15 días más. Luego, entre la floración y la tuberización, se registró un periodo corto de 10 días. Posteriormente, desde la tuberización hasta la primera cosecha pasaron 45 días, y la fase final, correspondiente desde la primera cosecha hasta la senescencia, se prolongó por 55 días. En total, el ciclo desde el trasplante hasta la cosecha fue de 173 días. Estos datos indican que la Amarilla Tumbay tuvo un desarrollo vegetativo completo y equilibrado, con tiempos moderados en todas sus etapas, lo que puede hacerla adecuada para cultivos con calendario ajustado.

Figura 40

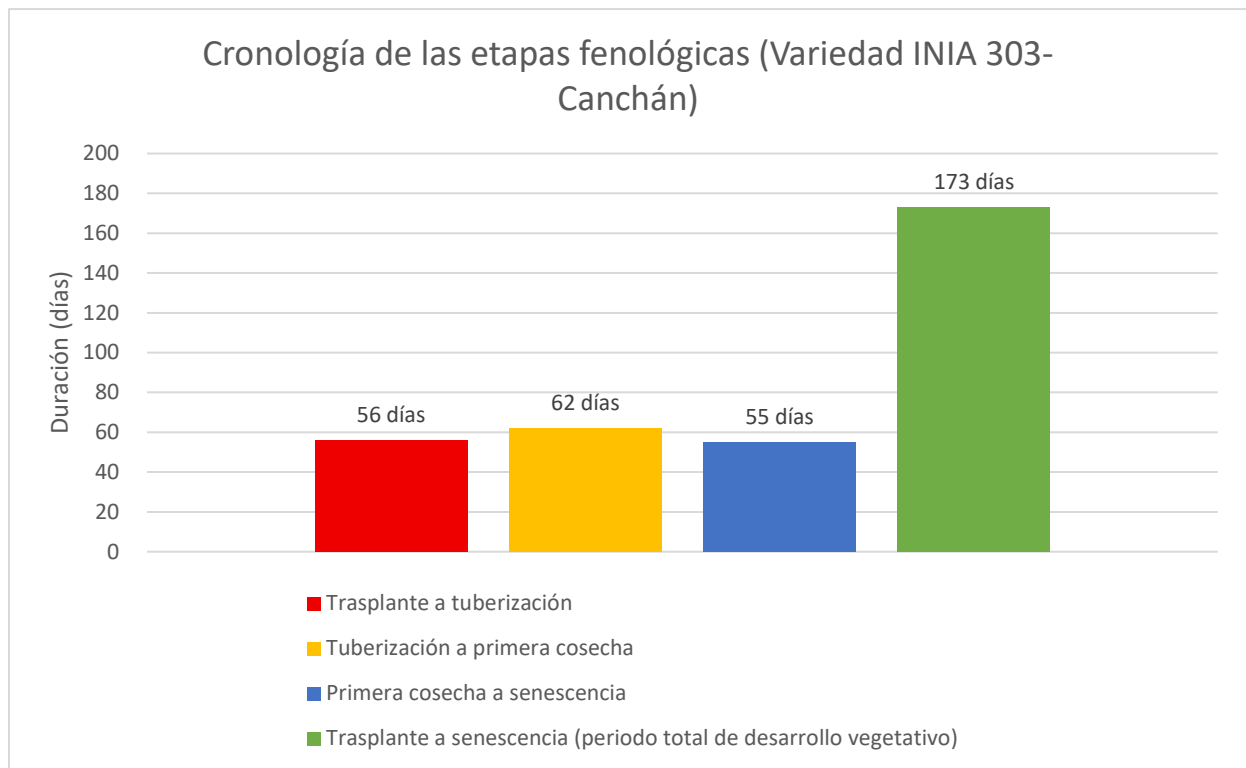
Días del periodo vegetativo – Variedad Macctillo



En esta figura se detallan las etapas fenológicas de la papa variedad Macctillo. El desarrollo desde la siembra hasta el botón floral fue relativamente largo, con una duración de 53 días. Luego, el paso de botón floral a floración tomó 13 días, y desde la floración hasta la tuberización, transcurrieron 18 días más. La fase de tuberización hasta la primera cosecha duró 34 días, mientras que desde la primera cosecha hasta la senescencia se extendió por 55 días. En conjunto, el ciclo completo desde la siembra hasta la cosecha fue de 173 días, lo que ubica a esta variedad dentro de un rango medio en comparación con las otras. Este comportamiento indica que la Macctillo presenta un desarrollo moderado y progresivo, con etapas bien diferenciadas, lo cual facilita su monitoreo en sistemas técnicos de cultivo.

Figura 41

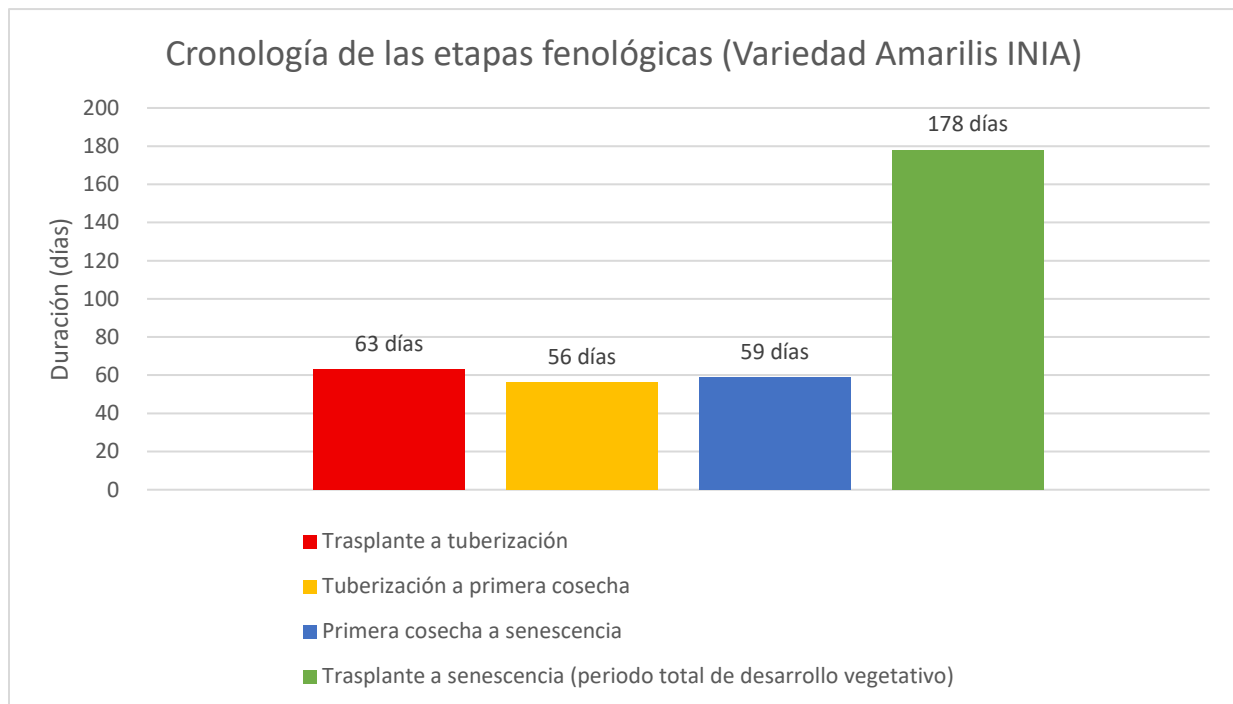
Días del periodo vegetativo – Variedad INIA 303- Canchán



En esta figura se presentan las etapas fenológicas de la papa variedad INIA 303- Canchán. No se aprecia la etapa de la floración ni, por lo que estas fases no pudieron ser evaluadas en esta variedad. A pesar de ello, transcurrieron 56 días desde el trasplante hasta la fase de tuberización el gráfico muestra que desde la tuberización hasta la primera cosecha transcurrieron 62 días, y luego transcurrieron 55 días desde la primera cosecha hasta la senescencia. En total, el periodo entre el trasplante y la senescencia fue de 173 días, una duración que se encuentra dentro del promedio de las variedades estudiadas. Esto sugiere que, aunque hubo ausencia de algunos eventos reproductivos registrados, la INIA 303- Canchán logró completar su ciclo de desarrollo productivo en un tiempo razonable y similar al de otras variedades como Macctillo y Amarilla Tumbay.

Figura 42

Días del periodo vegetativo – Variedad Amarilis INIA



La figura muestra la duración de las etapas fenológicas registradas para la variedad Amarilis INIA. Se observa que esta variedad no cuenta con la fase de floración. En cuanto al desarrollo vegetativo, la etapa desde el trasplante hasta la tuberización duró 63 días, desde la tuberización hasta la primera cosecha fueron 56 días, mientras que la fase de la primera cosecha hasta la senescencia se extendió por 59 días. Sumando todos los periodos, se llega a un total de 178 días desde el trasplante hasta la cosecha, que representa el ciclo completo observado para esta variedad. Este gráfico resalta que, si bien no se registraron ciertos eventos reproductivos, la variedad completó su desarrollo productivo de forma adecuada, manteniendo un periodo vegetativo relativamente moderado en comparación con otras variedades de papa.

Discusión: El análisis de las características agronómicas de las ocho variedades de papa cultivadas bajo el sistema aeropónico evidenció diferencias significativas en su comportamiento morfológico y fisiológico, lo que confirma que la expresión de estos caracteres está fuertemente influenciada por el genotipo y su capacidad de adaptación a condiciones de cultivo sin suelo. En general, el sistema aeropónico permitió un desarrollo adecuado de las plantas, reflejado en valores favorables de diámetro del tallo principal, número de tallos secundarios, altura de planta, número de estolones, longitud de estolón, número de tubérculos por estolón y tamaño de raíz.

La variedad Q'ompis destacó por presentar los valores más elevados en varias de las variables evaluadas, especialmente en altura de planta (160,55 cm), longitud de estolón (145,25 cm) y tamaño de raíz (98,80 cm), lo que evidencia un desarrollo vegetativo vigoroso y una alta capacidad de exploración radicular bajo el sistema aeropónico. Este comportamiento sugiere una eficiente absorción de nutrientes y una adecuada respuesta fisiológica al ambiente altamente oxigenado, condiciones propias de este sistema de cultivo.

Por su parte, la variedad INIA 309 - Serranita mostró un desempeño agronómico sobresaliente, con valores elevados en diámetro del tallo principal (1,264 cm), número de tallos secundarios (6,25 unidades) y tamaño de raíz (107,05 cm), lo que indica una arquitectura vegetal robusta y favorable para la formación de estolones y tubérculos. De manera similar, la variedad Peruanita presentó características agronómicas destacables, particularmente en número de estolones (31,25 unidades) y tamaño de raíz (78,45 cm), lo que explica su elevado rendimiento observado en el objetivo general y confirma su alta adaptación al sistema aeropónico.

En contraste, las variedades Amarilis INIA y Macctillo registraron valores inferiores en la mayoría de las variables agronómicas evaluadas, especialmente en número de estolones, longitud de estolón y tamaño de raíz, lo que sugiere una menor eficiencia fisiológica y limitada adaptación

al sistema aeropónico. Este comportamiento podría explicar los menores rendimientos obtenidos por estas variedades, al existir una relación directa entre el desarrollo de estolones, el sistema radicular y la capacidad de tuberización.

Las variedades Capiro, INIA 303 - Canchán y Amarilla Tumbay mostraron un comportamiento intermedio, evidenciando un desarrollo agronómico adecuado, aunque con valores inferiores a los registrados por Q'ompis, INIA 309 - Serranita y Peruanita. Estas diferencias confirman que, si bien el sistema aeropónico proporciona condiciones óptimas de crecimiento, la respuesta agronómica depende en gran medida del potencial genético de cada variedad.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el sistema aeropónico favorece el desarrollo agronómico de las plantas de papa al optimizar la oxigenación radicular, la disponibilidad de nutrientes y el control del ambiente de cultivo. Asimismo, confirman que la selección de variedades con características morfológicas y fisiológicas adecuadas es un factor determinante para maximizar el rendimiento y la eficiencia productiva en sistemas aeropónicos. Estos hallazgos concuerdan con lo señalado por García et al. (2021) y Otazu (2010), quienes destacan que la aeroponía potencia la expresión de caracteres agronómicos favorables en variedades genéticamente adaptadas, consolidándose como una alternativa tecnológica eficiente para la producción de semilla prebásica de papa en zonas altoandinas.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Primero: Se logró evaluar el rendimiento de la semilla prebásica obtenida en ocho variedades de papa bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco, demostrando que dicho sistema permite alcanzar rendimientos significativamente superiores en comparación con el método tradicional de producción. Los resultados evidenciaron que el sistema aeropónico obtuvo un rendimiento promedio de 28,24, valor ampliamente mayor al registrado mediante el método tradicional, cuyos promedios fueron de 3,99 en el año 2022 y 4,52 en el año 2023, confirmándose así la clara ventaja productiva del cultivo sin suelo. Entre las variedades evaluadas, Peruanita destacó con el mayor rendimiento (63,70), seguida por Capiro (35,68), Serranita (31,73) y Q’ompis (28,71), lo que evidencia una respuesta varietal diferenciada y una alta eficiencia productiva bajo condiciones aeropónicas. En contraste, el método tradicional mostró rendimientos bajos y poco consistentes, incluso nulos en algunas variedades, lo que pone de manifiesto sus limitaciones para la producción de semilla prebásica. En conjunto, estos resultados confirman que el sistema aeropónico constituye una alternativa tecnológica eficiente, viable y adaptable para la producción de semilla prebásica de papa en zonas altoandinas, permitiendo incrementar el rendimiento y mejorar la calidad del material semillero.

Segundo: Se logró comparar el rendimiento de las semillas prebásicas de papa obtenidas bajo el sistema aeropónico con aquellas producidas mediante el método tradicional en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco, demostrando que el sistema aeropónico presenta un rendimiento significativamente superior. Los resultados evidenciaron que el rendimiento promedio alcanzado bajo condiciones aeropónicas fue ampliamente mayor en comparación con el método tradicional, el cual mostró valores bajos y poco consistentes

en ambos años evaluados. El análisis estadístico confirmó diferencias altamente significativas entre ambos sistemas de producción, validando que el tipo de sistema influye de manera determinante sobre el rendimiento de la semilla prebásica. Asimismo, el sistema aeropónico permitió reducir las limitaciones asociadas al cultivo en suelo, como la incidencia de patógenos y las restricciones edafoclimáticas, favoreciendo una producción más eficiente y homogénea. En conjunto, estos resultados confirman que el sistema aeropónico constituye una alternativa productiva más eficiente que el método tradicional para la obtención de semilla prebásica de papa, especialmente en zonas altoandinas.

Tercero: Se logró evaluar la calidad y sanidad de las semillas prebásicas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco, evidenciándose que dicho sistema favorece significativamente la obtención de material semillero con altos estándares sanitarios. Los resultados mostraron una elevada proporción de tubérculos clasificados como de buena calidad, confirmándose diferencias estadísticamente significativas entre variedades, lo que demuestra una respuesta sanitaria diferenciada asociada al componente genético. Las variedades Canchán, Mact’illo y Amarilis alcanzaron los mayores índices de calidad y sanidad, reflejando una adecuada uniformidad morfológica y menor presencia de defectos, mientras que Serranita y especialmente Peruanita presentaron valores inferiores, lo que indica una menor estabilidad sanitaria bajo condiciones aeropónicas. Asimismo, el análisis estadístico confirmó una asociación significativa entre la variedad y la calidad del material producido, validando que el sistema aeropónico mejora la sanidad de la semilla prebásica, aunque su eficiencia depende del comportamiento varietal. En conjunto, estos resultados confirman

que la aeroponía constituye una alternativa eficaz para la producción de semillas prebásicas de papa con adecuada calidad sanitaria en ambientes controlados.

Cuarto: Se logró determinar las características agronómicas de las plantas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco, evidenciándose la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre variedades para todas las variables agronómicas evaluadas. Los resultados mostraron que las variedades Peruanita, Q’ompis y Serranita presentaron un desarrollo agronómico más favorable, destacando por mayores valores en altura del tallo principal, número de estolones por planta, longitud de estolón y tamaño de raíz, características directamente asociadas a una mejor adaptación fisiológica al sistema aeropónico. Asimismo, el análisis de varianza confirmó que el comportamiento agronómico observado está fuertemente influenciado por el componente genético de cada variedad, aun bajo condiciones de cultivo controladas. En conjunto, estos resultados demuestran que el sistema aeropónico permite expresar de manera eficiente las diferencias agronómicas entre variedades, favoreciendo a aquellas con mayor potencial de adaptación y eficiencia productiva en condiciones altoandinas.

SUGERENCIAS

Las siguientes recomendaciones están dirigidas al responsable del programa de innovación agrícola del centro experimental Andenes del INIA-Zurite-Cusco, así como a los tomadores de decisiones en instituciones regionales dedicadas al desarrollo agrario en zonas altoandinas:

Primero: Se recomienda al responsable del programa de innovación agrícola del Centro Experimental Andenes del INIA–Zurite–Cusco promover y fortalecer el uso del sistema aeropónico para la producción de semilla prebásica de papa, debido a su comprobada superioridad en rendimiento frente al método tradicional. Asimismo, se sugiere incorporar esta tecnología de manera progresiva en programas regionales de producción de semilla, especialmente en zonas altoandinas, como una estrategia para mejorar la productividad, optimizar el uso de recursos y asegurar la disponibilidad de semilla de alta calidad sanitaria.

Segundo: Se recomienda priorizar la selección y utilización de variedades que presentaron características agronómicas más favorables bajo el sistema aeropónico, tales como Peruanita, Q’ompis y Serranita, dado su mejor desarrollo morfológico y adaptación fisiológica. Del mismo modo, se sugiere continuar evaluando el comportamiento agronómico de otras variedades en condiciones aeropónicas, con el fin de identificar genotipos con alto potencial productivo y adaptabilidad a sistemas de cultivo sin suelo en contextos altoandinos.

Tercero: Se recomienda implementar protocolos específicos de manejo y monitoreo sanitario orientados a maximizar la calidad y sanidad de la semilla prebásica producida bajo el sistema aeropónico, considerando que la respuesta sanitaria varía según la variedad. Asimismo, se sugiere priorizar variedades que alcanzaron mayores índices de calidad y

sanidad, como Canchán, Mact'illo y Amarilis, y complementar el sistema con prácticas de control preventivo que permitan reducir la proporción de tubérculos de mala calidad en variedades con menor estabilidad sanitaria

Cuarto: Se recomienda sustituir progresivamente el método tradicional de producción de semilla prebásica por el sistema aeropónico, especialmente en áreas donde las limitaciones edafoclimáticas y sanitarias afectan el rendimiento del cultivo en suelo. Asimismo, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en la evaluación económica comparativa entre ambos sistemas, así como en la optimización de variables técnicas del sistema aeropónico, con la finalidad de maximizar su eficiencia productiva y facilitar su adopción a mayor escala.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Cahuana, R., & Arcos, J. (2002). *Variedades nativas y mejoradas de papa en Puno* (Primera ed.). Instituto Nacional De Investigacion Agraria. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/898/1/Cahuana-Variedades_nativas_Papa.pdf
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Editorial San Marcos. https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-cientifica_45761
- Catire, R. (2018). *Producción de papa, variedad Yungay (Solanum Tuberosum -Yungay), bajo condiciones de invernadero, empleando módulo aerónico. ciudad universitaria (UNASAM). Huaraz, 2018*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo [Tesis pregrado]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3500>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2015). *Catálogo de variedades de papa nativa de Chugay, La Libertad – Perú* (Editorial Poderosa ed.). <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/catalogo-de-variedades-de-papa-nativa.pdf>
- CIP. (01 de Marzo de 2015). *Genesys PGR . CIP descriptors for cultivated potato*: <https://www.genesys-pgr.org/descriptorlists/9678e02a-2124-46b2-afc4-dd7652526974>
- CIP. (2020). *Factores que inciden en la producción de semilla de papa de calidad*. Centro Internacional de la Papa. <https://cipotato.org>
- CIP. (2021). *Producción de semilla de papa de alta calidad en Perú: Avances y desafíos*. Centro Internacional de la Papa: <https://cipotato.org>
- Cipotato. (2010). *Inventario de tecnologías e información para el cultivo de papa en Ecuador*. Cipotato.org: <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/24-diacol-capiro/>
- Deguy, M., Drozd, A., Arturi, M., Martinuzzi, S. T., & Frangi, J. (2016). *Aplidación del modelo de clasificación ecológica de Holdridge para la republica Argentina a partir del análisis espacial de datos*.

https://doi.org/https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60523/Documento_completo_.pdf

FAO. (2021). *Hydroponics and aeroponics: smart farming systems for vegetable crop production*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org>

García, D., Valdéz, L. R., & Zermeno, A. (2021). Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.902>

García, I. (2022). *Evaluación del cultivo de papa en condiciones de aeroponía*. Benemerita Universidad Autónoma de Puebla [Tesis pregrado], Puebla. <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/277>

García, J., Ramírez, A., & Flores, E. (2021). Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Revista de Ciencias Agrarias*, 38(2), 112-120. <https://doi.org/doi.org/10.28940/terra.v39i0.902>

Gobierno Regional Huancavelica. (veintiocho de marzo de 2022). *Con semillas prebásicas agricultores incrementarán producción de papas*. Plataforma Digital Única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/regionhuancavelica/noticias/595829-con-semillas-prebasicas-agricultores-incrementaran-produccion-de-papas>

Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa mixta*. McGraw-Hill Interamericana S.A. https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion_93340

Iberdrola. (2024). *La biotecnología y su impacto en el mundo de hoy y del mañana*. Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-la-biotecnologia>

INIA. (2017). *Guía técnica para la producción de semilla pre básica de papa en sistemas de cultivo protegido*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.

INIA. (2023). *Manual técnico para el manejo agronómico de la papa en sistemas intensivos*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Innovatione. (01 de Abril de 2019). *¿Qué significa calidad?* Innovatione:

- Instituto de Innovación Agraria. (2012). *Plegable N°2 - Papa INIA 303 - INIA 303- CANCHÁN*.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (siete de abril de 2021). *Estado de los sistemas de semillas en países seleccionados y su rol en la seguridad alimentaria*. Blog del IICA: <https://blog.iica.int/blog/estado-los-sistemas-semillas-en-paises-seleccionados-su-rol-en-seguridad-alimentaria>
- Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI. (2009). *Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington, D.C.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2009). *Caracterización morfológica y agronomica de 61 variedades de papa*. Lima. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/958/1/Palomino-Caracterizaci%C3%B3n_morfol%C3%B3gica_agron%C3%B3mica_61_variedades_nativas_papa.pdf
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2004). *Guía MIP en el cultivo de la papa*. Managua. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Mateus, J. (2010). *Efecto del ambiente sobre la producción de minitubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un sistema aeropónico*. Universidad Nacional Agraria La Molina [Tesis maestría], Lima. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1718>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). *Análisis de brechas de rendimiento en el cultivo de la papa 1997 - 2023*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6305660/5543457-analisis-brecha_rendimiento-en-el-cultivo-de-papa.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (once de agosto de 2024). *Gobierno impulsa la producción de semillas de alta calidad genética para garantizar la seguridad alimentaria en el Perú*. Plataforma Digital Única del Estado Peruano: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1001719-gobierno-impulsa-la-produccion-de-semillas-de-alta-calidad-genetica-para-garantizar-la-seguridad-alimentaria-en-el-peru>

- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad*. Lima. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/12/Linea_base_papa_bioseguridad_lowres.pdf
- Narvaez, G. (26 de Febrero de 2019). *Mapa Cultural Anta*. scribd: <https://es.scribd.com/document/400508476/Mapa-Cultural-Anta-1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Duplicar la producción mundial de papa en 10 años es posible*. Sitio Web de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/es>
- Otazu, V. (2010). *Manual sobre producción de semilla de papa con sistemas aeropónicos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Phylogeny , A. (2016). La clasificación taxonómica. *Botanical Journal of the Linnean Society*. <https://academic.oup.com/botlinnean/article-abstract/181/1/1/2416499?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- PRODERN. (2018). *LA PAPA NATIVA EN APURÍMAC. Identificación participativa de variedades en los distritos de Huayana y Pomacocha*. Lima: PRODERN. <https://prodern.minam.gob.pe/sites/default/files/documents/Papas%20nativas%20ApurimacFinal.pdf>
- Raffino. (21 de Septiembre de 2020). *Agronomía*. Enciclopedia Concepto: <https://concepto.de/agronomia/>
- Rodríguez, L., & Pinedo, J. (2019). fisiología y morfología de *Solanum tuberosum*: Implicancias en la producción agrícola. *Revista Peruana de Agronomía*, 23(1), 41- 48.
- Sánchez, M. (27 de Septiembre de 2021). *Aeroponía: Cultivo sin tierra*. Anáhuac México: <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Aeroponia-cultivo-sin-tierra>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural . (23 de Febrero de 2024). *Tubérculos: Tesoros subterráneos de México*. Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/tuberculos-tesoros-subterraneos-de-mexico>

SENASA. (2019). *Reglamento técnico de semilla de papa – RTSP*. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. <https://www.senasa.gob.pe>

Vargas, P., Best, S., Aguilera, H., Flores, F., & Alarcón, V. (2022). *Estimación de rendimiento y calidad*. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/d5766e51-6f15-4a18-a943-ab37996e8195/content>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	RENDIMIENTO	
¿Cuál es el rendimiento de la semilla pre básica obtenida en ocho variedades de papa, bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco?	Evaluar el rendimiento de la semilla pre básica obtenida en ocho variedades de papa, bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.	El sistema aeropónico mejora significativamente el rendimiento de la semilla pre básica obtenida en ocho variedades de papa en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.	Sistema aeropónico	• Número de tubérculos por planta	• Unidades / planta
			Variable dependiente		
			Rendimiento de la semilla pre básica de papa.	• Rendimiento total por planta.	• Unidades / planta
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		RENDIMIENTO COMPARATIVO	
¿Cuál es la diferencia en el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco?	Comparar el rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico con el método tradicional en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.	El rendimiento de las semillas pre básicas obtenidas bajo el sistema aeropónico es significativamente mayor en comparación con el método tradicional de producción en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.		• Rendimiento bajo sistema aeropónico	• Unidades /planta
				• Rendimiento bajo método tradicional	

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
¿Cuál es el efecto del sistema aeropónico en la calidad y sanidad de las semillas pre básicas de papa de las ocho variedades evaluadas en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco?	Evaluar la calidad y sanidad de las semillas pre básicas de papa de las ocho variedades producidas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.	El sistema aeropónico mejora significativamente la calidad y sanidad de las semillas pre básicas de papa de las ocho variedades evaluadas en el centro experimental Andenes INIA-Zurite-Cusco.		CALIDAD Y SANIDAD • Estado sanitario del tubérculo • Uniformidad del tubérculo • Presencia de daños o patógenos	• Tamaño • Forma • Color • Peso
¿Cuáles son las características agronómicas de las plantas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco?	Determinar las características agronómicas de las plantas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico en el Centro Experimental Andenes INIA–Zurite, Cusco.	Las plantas de las ocho variedades de papa producidas bajo el sistema aeropónico presentan características agronómicas superiores en comparación con las producidas bajo sistemas tradicionales.		CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS • Período vegetativo • Diámetro del tallo principal • Altura de planta • Longitud de raíz • Longitud de estolones • Número de estolones • Número de tallos secundarios	• Días • cm • cm • cm • cm • Unidades • Unidades

Anexo 2: Resultados de campo

Nota: Datos de campo de rendimiento por planta

Variedad	Número de tubérculos	Número de plántulas	Rendimiento
Amarilis	1418	108	13.1296
Serranita	3427	108	31.7315
Canchan	1951	108	18.0648
Capiro	3853	108	35.6759
Q'ompis	3101	108	28.7130
Amarilla	2226	108	20.6111
Peruanita	6880	108	63.7037
Mact'illo	1547	108	14.3241
Total	24403	108	225.9537

Nota: Datos de campo rendimiento bajo el método tradicional y sistema aeropónico

	Sistema tradicional						Sistema aeropónico		
	plántulas sembradas	C.A. 2022 N° de tubérculos obtenidos	Promedio rendimiento año 2022	plántulas sembradas	C.A. 2023	promedio rendimiento 2023	plántulas sembradas	N° de tubérculos obtenidos	Rendimiento
CV. MEJORADAS									
CV. INIA 302 AMARILIS	1500	8352	5.5680	1500	8734	5.8227	108	1418	13.1296
CV. INIA 309 SERRANITA	1500	8205	5.4700	1500	11075	7.3833	108	3427	31.7315
CV. INIA 303 CANCHAN	1500	9337	6.2247	1500	8600	5.7333	108	1951	18.0648
CV. CAPIRO	1500	8545	5.6967	1500	8850	5.9000	108	3853	35.6759
CV. NATIVAS									
CV. QOMPIS	1500	4871	3.24733	1500	3257	2.1713	108	3101	28.7130
CV. AMARILLA TUMBAY	1500	4732	3.15467	1500	9900	6.6000	108	2226	20.6111
CV. PERUANITA	1500	2053	1.36867	1500	1515	1.0100	108	6880	63.7037
CV. MACCTILLO	1500	1728	1.15200	1500	2329	1.5527	108	1547	14.3241

Nota: Datos de campo calidad y sanidad

Capiro				Peruanita			
Calidad y sanidad				Calidad y sanidad			
1°		Tubérculos de mala calidad	391	1°		Tubérculos de mala calidad	2069
2°				2°			
3°	338			3°	453		
4°	690			4°	893		
5°	896			5°	1250		
6°	1538			6°	2215		
Total	3462			Total	4811		
Total		3853		Total		6880	
Q'ompis				INIA 309 - Serranita			
Calidad y sanidad				Calidad y sanidad			
1°		Tubérculos de mala calidad	340	1°		Tubérculos de mala calidad	470
2°	28			2°	44		
3°	627			3°	788		
4°	1280			4°	1034		
5°	495			5°	760		
6°	331			6°	331		
Total	2761			Total	2957		
Total		3101		Total		3427	
Amarilla Tumbay				Macctillo			
Calidad y sanidad				Calidad y sanidad			
1°		Tubérculos de mala calidad	180	1°		Tubérculos de mala calidad	99
2°	23			2°	6		
3°	675			3°	493		
4°	972			4°	477		
5°	180			5°	396		
6°	196			6°	76		
Total	2046			Total	1448		
Total		2226		Total		1547	
INIA 303- Canchán				Amarilis			
Calidad y sanidad				Calidad y sanidad			
1°		Tubérculos de mala calidad	100	1°		Tubérculos de mala calidad	93
2°	14			2°	0		
3°	832			3°	424		
4°	465			4°	345		
5°	320			5°	321		
6°	220			6°	235		
Total	1851			Total	1325		
Total		1951		Total		1418	

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Capiro

BLOQUE	VARIEDAD	CAPIRO														
	N°	FECHA														
		26/12/2023	2/01/2024	9/01/2024	16/02/2024	23/01/2024	30/01/2024	6/02/2024	13/02/2024	20/02/2024	27/02/2024	5/03/2024	12/03/2024	19/03/2024	26/03/2024	2/04/2024
I	1	2.4	3.5	6	7.8	9.3	10.5	12.5	22	33	47	50	50	50	50	50
	2	3.2	5.2	8.9	10.2	12.8	13	13.5	28	40	64	64	66	69	69	69
	3	4	7.5	10.8	12.2	15.6	17.8	21.5	36	54	80	80	87	91	91	91
	4	3.6	5.5	8.6	10	11.2	14.2	17.5	30	45	60	63	64	65	65	65
	5	2.7	4.2	7.2	9.3	11.6	12.3	15.5	24	37	60	60	68	72	72	72
	6	2.4	3.5	6	7.8	9.3	10.5	12.5	22	33	47	50	50	50	50	50
	7	3.2	5.2	8.9	10.2	12.8	13	13.5	28	40	64	64	66	69	69	69
	8	4	7.5	10.8	12.2	15.6	17.8	21.5	36	54	80	80	87	91	91	91
	9	3.6	5.5	8.6	10	11.2	14.2	17.5	30	45	60	63	64	65	65	65
	10	2.7	4.2	7.2	9.3	11.6	12.3	15.5	24	37	60	60	68	72	72	72
II	11	3.9	6	9.2	13.5	16.8	18.5	22	39	53	65	67	75	81	81	81
	12	3	3.7	6.4	7.8	8.8	12	16	26	41	65	65	70	77	77	77
	13	4	5	9	11.4	14	15.5	19	38	49	66	66	69	74	74	74
	14	3.8	5	8.5	10.4	14	15	20	24	36	54	57	60	63	63	63
	15	3.4	4	6.5	7.5	8.5	12.5	15	23	37	52	59	63	71	71	71
	16	3.9	6	9.2	13.5	16.8	18.5	22	39	53	65	67	75	81	81	81
	17	3	3.7	6.4	7.8	8.8	12	16	26	41	65	65	70	77	77	77
	18	4	5	9	11.4	14	15.5	19	38	49	66	66	69	74	74	74
	19	3.8	5	8.5	10.4	14	15	20	24	36	54	57	60	63	63	63
	20	3.4	4	6.5	7.5	8.5	12.5	15	23	37	52	59	63	71	71	71
III	21	3.7	5.2	9	11.2	13.3	14	16	20	33	50	54	59	62	62	62
	22	4.2	5.3	8	9.8	12.5	13	14.5	32	46	70	70	73	78	78	78
	23	3	4.4	7.1	9.7	12.3	13	14	25	36	55	58	61	65	65	65
	24	3	4.7	6.7	8.6	11	12.8	15	25	41	62	62	64	69	69	69
	25	4.2	6.7	10.4	11.4	15.1	18.1	22	35	50	72	74	76	78	78	78
	26	3.7	5.2	9	11.2	13.3	14	16	20	33	50	54	59	62	62	62
	27	4.2	5.3	8	9.8	12.5	13	14.5	32	46	70	70	73	78	78	78
	28	3	4.4	7.1	9.7	12.3	13	14	25	36	55	58	61	65	65	65
	29	3	4.7	6.7	8.6	11	12.8	15	25	41	62	62	64	69	69	69
	30	4.2	6.7	10.4	11.4	15.1	18.1	22	35	50	72	74	76	78	78	78
IV	31	4.4	6.2	9	11.2	13	15	17.5	41	39	52	55	60	62	62	62
	32	5.2	6.4	9.6	12.5	17.3	20	23	42	60	80	85	89	91	91	91
	33	3.7	6.1	8.3	9.5	12.3	14	16.5	34	47	67	67	70	73	73	73
	34	4.4	5.8	8.4	10.2	12.8	13.6	16.5	32	48	69	69	72	77	77	77
	35	2.2	4.5	7	8.7	11	12	15.5	30	45	66	66	70	74	74	74
	36	4.4	6.2	9	11.2	13	15	17.5	41	39	52	55	60	62	62	62
	37	5.2	6.4	9.6	12.5	17.3	20	23	42	60	80	85	89	91	91	91
	38	3.7	6.1	8.3	9.5	12.3	14	16.5	34	47	67	67	70	73	73	73
	39	4.4	5.8	8.4	10.2	12.8	13.6	16.5	32	48	69	69	72	77	77	77
	40	2.2	4.5	7	8.7	11	12	15.5	30	45	66	66	70	74	74	74

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Peruanita

BLOQUE	VARIEDAD	PERUANITA														
	N°	FECHA														
		26/12/2023	02/01/2024	09/01/2024	16/02/2024	23/01/2024	30/01/2024	06/02/2024	13/02/2024	20/02/2024	27/02/2024	05/03/2024	12/03/2024	19/03/2024	26/03/2024	02/04/2024
I	1	3,7	4,5	6,9	9,6	11,6	15	20	30	40	60	60	60	60	60	60
	2	2,1	3	6	8,6	12,5	13	18	32	45	62	65	72	79	83	90
	3	3,3	4	7,7	10,1	12,9	17	24	40	48	69	70	75	81	86	90
	4	3,7	5,2	9,4	13,5	18,7	19	23	36	45	68	68	70	76	80	83
	5	3,2	3,7	7,5	12,4	18,2	19	25	21	49	69	70	73	77	79	82
	6	3,7	4,5	6,9	9,6	11,6	15	20	30	40	60	60	60	60	60	60
	7	2,1	3	6	8,6	12,5	13	18	32	45	62	65	72	79	83	90
	8	3,3	4	7,7	10,1	12,9	17	24	40	48	69	70	75	81	86	90
	9	3,7	5,2	9,4	13,5	18,7	19	23	36	45	68	68	70	76	80	83
	10	3,2	3,7	7,5	12,4	18,2	19	25	21	49	69	70	73	77	79	82
II	11	3,5	4,5	8,2	14	19,6	20	25	39	51	70	70	78	85	85	87
	12	4	5,5	9,5	12,7	16,1	18	25	40	46	62	65	72	83	85	88
	13	3,8	6,5	13	20	25,6	30	34	50	60	75	80	85	93	95	96
	14	2	3,8	7,4	10,7	15,7	17	23	38	50	67	67	71	78	80	82
	15	4,5	6,4	11,7	18,1	22,9	24	26	38	47	60	60	62	67	68	70
	16	3,5	4,5	8,2	14	19,6	20	25	39	51	70	70	78	85	85	87
	17	4	5,5	9,5	12,7	16,1	18	25	40	46	62	65	72	83	85	88
	18	3,8	6,5	13	20	25,6	30	34	50	60	75	80	85	93	95	96
	19	2	3,8	7,4	10,7	15,7	17	23	38	50	67	67	71	78	80	82
	20	4,5	6,4	11,7	18,1	22,9	24	26	38	47	60	60	62	67	68	70
III	21	3,5	5,5	11,5	15,5	20	24	26	37	52	66	67	73	78	79	80
	22	3	4	7,2	10	14,9	16	18	32	43	60	63	75	80	83	85
	23	3,5	5,2	10,4	15,4	22	22	22	38	47	65	65	68	70	72	75
	24	3	4,7	9,3	13,6	20	20	20	33	49	64	65	72	77	77	78
	25	3,6	6,7	12,5	19,8	26,7	29	29	40	52	70	72	75	81	81	83
	26	3,5	5,5	11,5	15,5	20	23	26	37	52	66	67	73	78	79	80
	27	3	4	7,2	10	14,9	16	18	32	43	60	63	75	80	83	85
	28	3,5	5,2	10,4	15,4	22,1	22	22	38	47	65	65	68	70	72	75
	29	3	4,7	9,3	13,6	20,5	20	20	33	49	64	65	72	77	77	78
	30	3,6	6,7	12,5	19,8	26,7	29	29	40	52	70	72	75	81	81	83
IV	31	3,2	4,4	8,3	11,8	15,5	17	23	35	46	65	65	70	76	76	77
	32	3,6	4,5	9	12,5	15,2	20	25	35	48	64	66	73	79	80	84
	33	2	4	7	11,3	16	20	25	42	51	71	75	80	86	86	86
	34	2,5	4	6,9	8,5	10	15	20	31	43	62	63	65	69	69	70
	35	3,2	4,7	8,7	13	16,6	18	22	38	45	56	60	62	64	64	66
	36	3,2	4,4	8,3	11,8	15,5	20	23	35	46	65	65	70	76	76	77
	37	3,6	4,5	9	12,5	15,2	20	25	35	48	64	66	73	79	80	84
	38	2	4	7	11,3	16	19	25	42	51	71	75	80	86	86	86
	39	2,5	4	6,9	8,5	10	15	20	31	43	62	63	65	69	69	70
	40	3,2	4,7	8,7	13	16,6	18	22	38	45	56	60	62	64	64	66

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Qompis

BLOQUE	VARIEDAD	QOMPIS														
	N°	FECHA														
		22/12/2023	29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024
I	1	5,3	7,2	12,3	23,3	30	42	49	70	90	110	143	170	191	191	192
	2	4,7	9,2	18,2	27,5	23,5	40	55	84	106	120	137	165	183	183	185
	3	4,5	6,7	11	20,5	24,5	35	44	69	90	113	138	150	170	170	173
	4	4	5,3	9,2	16,5	27	33	41	64	92	119	138	150	170	170	173
	5	3,8	6	10,3	20,1	24,5	33	40	60	89	112	132	150	168	168	170
	6	5,3	7,2	12,3	23,3	30	42	49	70	90	110	143	170	191	191	192
	7	4,7	9,2	18,2	27,5	23,5	40	55	84	106	120	137	165	183	183	185
	8	4,5	6,7	11	20,5	24,5	35	44	69	90	113	138	150	170	170	173
	9	4	5,3	9,2	16,5	27	33	41	64	92	119	138	150	170	170	173
	10	3,8	6	10,3	20,1	24,5	33	40	60	89	112	132	150	168	168	170
II	11	6,3	7,5	10,5	18,5	40	51	60	75	84	99	114	130	148	148	148
	12	3	4,3	11,2	22	35	39	45	65	84	112	140	170	188	188	189
	13	3	6,5	13,5	23,5	32	40	50	75	99	120	143	150	165	165	165
	14	5,5	7,1	12,6	22,4	35	44	53	57	63	78	96	96	98	98	100
	15	4,2	5,8	11	19,5	28	32	38	60	78	95	118	120	133	133	135
	16	6,3	7,5	10,5	18,5	40	51	60	75	84	99	114	130	148	148	148
	17	3	4,3	11,2	22	35	39	45	65	84	112	140	170	188	188	189
	18	3	6,5	13,5	23,5	32	40	50	75	99	120	143	150	165	165	165
	19	5,5	7,1	12,6	22,4	35	44	53	57	63	78	96	96	98	98	100
	20	4,2	5,8	11	19,5	28	32	38	60	78	95	118	120	133	133	135
III	21	4,5	6,5	11	19,4	25	34	45	78	105	130	150	160	173	173	174
	22	6,5	8,5	12,5	21,4	28	39	47	80	110	135	154	170	185	185	187
	23	5,2	8,5	14,5	25,5	28	35	40	65	93	115	140	160	178	178	180
	24	3,8	9,1	17,2	29,9	47	55	65	91	115	129	150	160	172	172	175
	25	3,8	9	17,5	31	38	48	56	76	98	110	134	150	170	170	170
	26	4,5	6,5	11	19,4	25	34	45	78	105	130	150	160	173	173	174
	27	6,5	8,5	12,5	21,4	28	39	47	80	110	135	154	170	185	185	187
	28	5,2	8,5	14,5	25,5	28	35	40	65	93	115	140	160	178	178	180
	29	3,8	9,1	17,2	29,9	47	55	65	91	115	129	150	160	172	172	175
	30	3,8	9	17,5	31	38	48	56	76	98	110	134	150	170	170	170
IV	31	6,7	8,7	12,8	18,9	25	30	37	59	83	103	125	145	160	160	163
	32	6,2	7,6	10,9	17	19	31	40	63	80	100	122	130	145	145	147
	33	5,2	8,7	14,5	24,4	29	39	44	66	87	116	135	140	153	153	155
	34	3	4,5	7,1	11,7	13	23	28	50	70	82	90	90	110	110	110
	35	4,9	6,5	11,1	20,5	27	37	46	65	88	88	90	100	120	120	120
	36	6,7	8,7	12,8	18,9	25	30	37	59	83	103	125	145	160	160	163
	37	6,2	7,6	10,9	17	19	31	40	63	80	100	122	130	145	145	147
	38	5,2	8,7	14,5	24,4	29	39	44	66	87	116	135	140	153	153	155
	39	3	4,5	7,1	11,7	13	23	28	50	70	82	90	90	110	110	110
	40	4,9	6,5	11,1	20,5	27	37	46	65	88	88	90	100	120	120	120

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Serranita

BLOQUE	VARIEDAD	SERRANITA														
	Nº	FECHA														
		22/12/2023	29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024
I	1	4,9	7,4	14,7	23	34	45	54	72	95	115	140	154	162	162	164
	2	4,5	6,2	10,8	16,8	23	28	38	11	82	105	133	144	152	152	160
	3	3,6	6,6	12	22,6	28	35	50	11	98	116	140	140	146	146	152
	4	4,4	7,4	15,2	26,8	38	51	60	11	115	140	170	190	201	201	203
	5	4,6	6,5	14,3	24,2	39	45	52	11	90	117	140	150	150	150	150
	6	4,9	7,4	14,7	23	34	45	54	72	95	115	140	154	162	162	164
	7	4,5	6,2	10,8	16,8	23	28	38	11	82	105	133	144	152	152	160
	8	3,6	6,6	12	22,6	28	35	50	11	98	116	140	140	146	146	152
	9	4,4	7,4	15,2	26,8	38	51	60	11	115	140	170	190	201	201	203
	10	4,6	6,5	14,3	24,2	39	45	52	11	90	117	140	150	150	150	150
II	11	5	7,2	13,8	24,5	38	45	51	67	92	112	138	140	144	144	146
	12	3,5	7	15,8	26,5	45	56	63	11	115	132	155	160	182	182	184
	13	4,9	6,1	13	21,6	31	44	52	11	110	125	148	148	154	154	155
	14	4,5	7,2	13,3	22,8	36	40	46	11	92	110	136	136	146	146	150
	15	3,9	8,3	13,2	25,3	36	40	44	11	90	110	130	130	143	143	152
	16	5	7,2	13,8	24,5	38	45	51	67	92	112	138	140	144	144	146
	17	3,5	7	15,8	26,5	45	56	63	11	115	132	155	160	182	182	184
	18	4,9	6,1	13	21,6	31	44	52	11	110	125	148	148	154	154	155
	19	4,5	7,2	13,3	22,8	36	40	46	11	92	110	136	136	146	146	150
	20	3,9	8,3	13,2	25,3	36	40	44	11	90	110	130	130	143	143	152
III	21	4,6	6,8	13,5	22,8	33	45	53	77	120	130	144	180	182	182	183
	22	5,3	6	11	19,3	29	39	45	68	98	120	145	145	150	150	152
	23	6,9	9,1	16,5	23,8	30	39	47	68	99	121	150	150	167	167	189
	24	6	7,8	16,5	30	39	50	60	80	113	130	155	160	192	192	195
	25	5,8	7,5	12,5	18,3	22	30	36	64	95	115	140	140	146	146	150
	26	4,6	6,8	13,5	22,8	33	45	53	77	120	130	144	180	182	182	183
	27	5,3	6	11	19,3	29	39	45	68	98	120	145	145	150	150	152
	28	6,9	9,1	16,5	23,8	30	39	47	68	99	121	150	150	167	167	189
	29	6	7,8	16,5	30	39	50	60	80	113	130	155	160	192	192	195
	30	5,8	7,5	12,5	18,3	22	30	36	64	95	115	140	140	146	146	150
IV	31	4,9	6,3	11	18,4	23	28	44	62	90	116	135	145	157	157	160
	32	4,8	6	12,8	21	30	36	42	59	92	115	137	145	151	151	158
	33	5,1	7,8	15,5	26,4	42	50	55	70	105	120	150	160	178	178	180
	34	7,2	8,7	13,7	21	31	35	44	61	92	112	140	143	143	143	143
	35	3,4	5	8,4	12,2	14	23	30	44	69	85	103	103	106	106	107
	36	4,9	6,3	11	18,4	23	28	44	62	90	116	135	145	157	157	160
	37	4,8	6	12,8	21	30	36	42	59	92	115	137	145	151	151	158
	38	5,1	7,8	15,5	26,4	42	50	55	70	105	120	150	160	178	178	180
	39	7,2	8,7	13,7	21	31	35	44	61	92	112	140	143	143	143	143
	40	3,4	5	8,4	12,2	14	23	30	44	69	85	103	103	106	106	107

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Amarilla Tumbay

BLOQUE	VARIEDAD	AMARILLA TUMBAY														
	N°	FECHA														
		29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024	05/04/2024
I	1	2,8	4,1	6,5	7,9	10,2	16	30	47	67	84	87	92	92	92	92
	2	2,2	3,4	4,5	5,5	10,3	16	28	47	73	97	107	112	117	117	117
	3	2,3	3,7	5,5	6	11,4	15,5	27	43	67	87	87	99	99	104	104
	4	2,6	6	9,8	11	18	22	38	59	81	107	111	122	129	132	132
	5	5,2	7,5	10,4	12,5	19,5	25	41	67	84	103	117	127	129	137	137
	6	2,8	4,1	6,5	7,9	10,2	16	30	47	67	84	87	92	92	92	92
	7	2,2	3,4	4,5	5,5	10,3	16	28	47	73	97	107	112	117	117	117
	8	2,3	3,7	5,5	6	11,4	15,5	27	43	67	87	87	99	99	104	104
	9	2,6	6	9,8	11	18	22	38	59	81	107	111	122	129	132	132
	10	5,2	7,5	10,4	12,5	19,5	25	41	67	84	103	117	127	129	137	137
II	11	2,2	3,5	5,6	7	15	19	30	50	67	87	92	93	104	111	111
	12	1,8	2	2,5	3	5	13	25,5	42	57	79	79	91	94	94	94
	13	3,1	4	5,8	7	11,8	16,5	28	47	65	87	92	103	105	105	105
	14	2,8	7	9,5	12,5	20	28,5	43	67	86	109	109	109	113	113	113
	15	2,2	4,5	8	9,5	16,2	20	36	54	72	95	95	99	102	107	107
	16	2,2	3,5	5,6	7	15	19	30	50	67	87	92	93	104	111	111
	17	1,8	2	2,5	3	5	13	25,5	42	57	79	79	91	94	94	94
	18	3,1	4	5,8	7	11,8	16,5	28	47	65	87	92	103	105	105	105
	19	2,8	7	9,5	12,5	20	28,5	43	67	86	109	109	109	113	113	113
	20	2,2	4,5	8	9,5	16,2	20	36	54	72	95	95	99	102	107	107
III	21	6	7,5	9,5	10	18,3	22	31	52	70	97	97	103	115	115	115
	22	4,4	6,2	8,5	11	17	25	39	58	77	105	107	125	127	127	127
	23	2,5	3	6,4	7,5	12	16	29	47	64	87	90	101	107	107	107
	24	3	3,2	5,5	5,5	10	14,5	27	44	62	79	81	85	87	89	89
	25	4,8	6,5	8,5	9,8	14	19	32	52	67	89	94	93	93	95	95
	26	6	7,5	9,5	10	18,3	22	31	52	70	97	97	103	115	115	115
	27	4,4	6,2	8,5	11	17	25	39	58	77	105	107	125	127	127	127
	28	2,5	3	6,4	7,5	12	16	29	47	64	87	90	101	107	107	107
	29	3	3,2	5,5	5,5	10	14,5	27	44	62	79	81	85	87	89	89
	30	4,8	6,5	8,5	9,8	14	19	32	52	67	89	94	93	93	95	95
IV	31	3,5	6	10	13,6	19,5	25,5	37	55	70	92	99	113	113	113	113
	32	3,5	4	6	6,1	12	16,5	30	47	62	85	94	100	101	105	105
	33	4	5,5	7,5	9,2	13	15	27	40	52	74	77	91	94	100	100
	34	2,1	4,4	6,3	7,5	12	16	32	52	65	87	92	98	102	107	107
	35	2,6	4	7,7	9,4	13	19,5	33	51	66	87	91	100	107	107	107
	36	3,5	6	10	13,6	19,5	25,5	37	55	70	92	99	113	113	113	113
	37	3,5	4	6	6,1	12	16,5	30	47	62	85	94	100	101	105	105
	38	4	5,5	7,5	9,2	13	15	27	40	52	74	77	91	94	100	100
	39	2,1	4,4	6,3	7,5	12	16	32	52	65	87	92	98	102	107	107
	40	2,6	4	7,7	9,4	13	19,5	33	51	66	87	91	100	107	107	107

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Mact'illo

BLOQUE	VARIEDAD	MACT'ILLO														
	N°	FECHA														
		29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024	05/04/2024
I	1	1,8	3,5	6,5	8,5	13,2	22,5	36	45	57	75	75	78	78	78	78
	2	2	4,1	7,2	8,5	10,4	20	33	49	62	81	81	91	94	97	97
	3	2,4	6	11,2	12,8	19,8	27	41	60	70	87	97	109	114	117	117
	4	2,4	4,8	11,8	15,2	22,5	28	39	57	69	87	92	99	99	102	102
	5	3,6	6,8	11,5	16	18,4	23,5	33	47	64	77	77	82	82	82	82
	6	1,8	3,5	6,5	8,5	13,2	22,5	36	45	57	75	75	78	78	78	78
	7	2	4,1	7,2	8,5	10,4	20	33	49	62	81	81	91	94	97	97
	8	2,4	6	11,2	12,8	19,8	27	41	60	70	87	97	109	114	117	117
	9	2,4	4,8	11,8	15,2	22,5	28	39	57	69	87	92	99	99	102	102
	10	3,6	6,8	11,5	16	18,4	23,5	33	47	64	77	77	82	82	82	82
II	11	2,5	6,8	12	18,5	19,3	25	37	55	69	88	88	89	89	89	89
	12	2,4	5,5	8,5	9,8	18,4	27	42	57	68	89	89	97	91	103	103
	13	1,6	6,2	11,5	14,5	20,2	25,5	38	53	66	83	87	89	91	93	93
	14	2,5	8	14,5	20	25,4	29,5	42	56	67	82	82	87	87	87	87
	15	2	5,5	8,3	9	15,3	20,5	30	43	52	70	74	75	75	77	77
	16	2,5	6,8	12	18,5	19,3	25	37	55	69	88	88	89	89	89	89
	17	2,4	5,5	8,5	9,8	18,4	27	42	57	68	89	89	97	91	103	103
	18	1,6	6,2	11,5	14,5	20,2	25,5	38	53	66	83	87	89	91	93	93
	19	2,5	8	14,5	20	25,4	29,5	42	56	67	82	82	87	87	87	87
	20	2	5,5	8,3	9	15,3	20,5	30	43	52	70	74	75	75	77	77
III	21	2,2	4,4	8	10,2	16,8	23	39	55	70	90	92	107	115	122	122
	22	3,5	6,5	11,4	13,7	16,2	22	36	52	70	87	91	95	95	95	95
	23	2,3	6,7	11,2	16	20,3	27	41	57	69	87	87	95	97	105	105
	24	3,5	7,5	12,4	19	24,2	31	45	57	70	87	90	96	96	96	96
	25	1,7	5,2	10,4	14,4	16,8	19,5	34,5	49	66	86	86	86	92	97	97
	26	2,2	4,4	8	10,2	16,8	23	39	55	70	90	92	107	115	122	122
	27	3,5	6,5	11,4	13,7	16,2	22	36	52	70	87	91	95	95	95	95
	28	2,3	6,7	11,2	16	20,3	27	41	57	69	87	87	95	97	105	105
	29	3,5	7,5	12,4	19	24,2	31	45	57	70	87	90	96	96	96	96
	30	1,7	5,2	10,4	14,4	16,8	19,5	34,5	49	66	86	86	86	92	97	97
IV	31	3,1	5	8,2	8,7	14,5	21	36	52	67	88	88	89	94	97	97
	32	4,5	8	10,5	11,5	16,2	23,5	37	53	67	87	97	119	129	137	137
	33	4,2	8,3	12,4	16,7	19	23	38	52	66	84	87	95	95	97	97
	34	2	4,5	8	8,5	13,4	20,5	34	49	62	84	92	99	102	107	107
	35	1,8	4,3	7,8	8,7	11,3	16	25	32	42	57	62	69	75	79	79
	36	3,1	5	8,2	8,7	14,5	21	36	52	67	88	88	89	94	97	97
	37	4,5	8	10,5	11,5	16,2	23,5	37	53	67	87	97	119	129	137	137
	38	4,2	8,3	12,4	16,7	19	23	38	52	66	84	87	95	95	97	97
	39	2	4,5	8	8,5	13,4	20,5	34	49	62	84	92	99	102	107	107
	40	1,8	4,3	7,8	8,7	11,3	16	25	32	42	57	62	69	75	79	79

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Canchan

BLOQUE	VARIEDAD	CANCHAN														
	N°	FECHA														
		29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024	05/04/2024
I	1	2,2	3,5	5,7	7,3	13	18	29	41	57	69	77	83	89	89	91
	2	2	3,5	5,8	6,7	12,7	16	26	41	55	77	86	95	97	100	117
	3	1,5	3,5	5,5	6,2	11,2	16,1	24,5	38	52	70	75	83	85	89	92
	4	1	3	4,5	5	10,8	14,5	22	32	52	68	73	77	81	83	87
	5	2	3,7	5,9	8,5	13,2	18	31	43	57	78	87	94	99	104	104
	6	2,2	3,5	5,7	7,3	13	18	29	41	57	69	77	83	89	89	91
	7	2	3,5	5,8	6,7	12,7	16	26	41	55	77	86	95	97	100	117
	8	1,5	3,5	5,5	6,2	11,2	16,1	24,5	38	52	70	75	83	85	89	92
	9	1	3	4,5	5	10,8	14,5	22	32	52	68	73	77	81	83	87
	10	2	3,7	5,9	8,5	13,2	18	31	43	57	78	87	94	99	104	104
II	11	2	3	5	5	11,5	16,5	27	44	60	82	84	84	95	97	99
	12	1,6	3,4	5,4	8,2	13,5	15	24	39	57	80	91	91	100	107	108
	13	2	3,3	5,5	6,5	11,4	15,5	24	39	54	74	84	84	96	99	102
	14	1,9	3,7	5,4	5,8	11,5	15,2	23,5	38	52	70	82	82	87	89	93
	15	2,3	4	5,8	6,5	12,2	16,5	25	36	54	67	76	76	79	81	82
	16	2	3	5	5	11,5	16,5	27	44	60	82	84	84	95	97	99
	17	1,6	3,4	5,4	8,2	13,5	15	24	39	57	80	91	91	100	107	108
	18	2	3,3	5,5	6,5	11,4	15,5	24	39	54	74	84	84	96	99	102
	19	1,9	3,7	5,4	5,8	11,5	15,2	23,5	38	52	70	82	82	87	89	93
	20	2,3	4	5,8	6,5	12,2	16,5	25	36	54	67	76	76	79	81	82
III	21	3	5,3	8,9	10,2	16	21,5	32,5	45	59	77	85	85	87	87	87
	22	2	5,2	7,2	10,2	15,4	20	31	47	62	84	95	95	97	101	102
	23	2,2	4,3	6,5	7,2	13,3	18	29	45	62	82	92	92	97	107	109
	24	3	5,2	6,2	8	12	16,5	24,5	38	53	72	76	76	79	79	79
	25	2,3	4,3	6,5	7	13	18	27	40	52	69	75	75	77	77	80
	26	3	5,3	8,9	10,2	16	21,5	32,5	45	59	77	85	85	87	87	87
	27	2	5,2	7,2	10,2	15,4	20	31	47	62	84	95	95	97	101	102
	28	2,2	4,3	6,5	7,2	13,3	18	29	45	62	82	92	92	97	107	109
	29	3	5,2	6,2	8	12	16,5	24,5	38	53	72	76	76	79	79	79
	30	2,3	4,3	6,5	7	13	18	27	40	52	69	75	75	77	77	80
IV	31	2,5	4,4	7,1	9,2	13	16	27	42	57	80	89	89	90	93	97
	32	1,6	3	3,5	3,7	8,5	12	19,5	32	51	67	87	87	93	99	102
	33	1,5	3,4	4,3	4,5	6,3	14,5	19,5	27	43	57	62	62	64	64	67
	34	2,5	5,4	6,8	8	12,7	16	27	38	53	71	78	78	79	83	83
	35	1,5	3,8	6	6,7	14	14,6	23,5	34	50	65	74	74	80	85	87
	36	2,5	4,4	7,1	9,2	13	16	27	42	57	80	89	89	90	93	97
	37	1,6	3	3,5	3,7	8,5	12	19,5	32	51	67	87	87	93	99	102
	38	1,5	3,4	4,3	4,5	6,3	14,5	19,5	27	43	57	62	62	64	64	67
	39	2,5	5,4	6,8	8	12,7	16	27	38	53	71	78	78	79	83	83
	40	1,5	3,8	6	6,7	14	14,6	23,5	34	50	65	74	74	80	85	87

Nota: Datos de campo de crecimiento semanal de planta variedad Amarilis

BLOQUE	VARIEDAD	AMARILIS														
	N°	FECHA														
		29/12/2023	05/01/2024	12/01/2024	19/01/2024	26/01/2024	02/02/2024	09/02/2024	16/02/2024	23/02/2024	01/03/2024	08/03/2024	15/03/2024	22/03/2024	29/03/2024	05/04/2024
I	1	1,5	2	2,2	2,9	4	4	7	8	15	24	26	29	29	29	29
	2	2,3	2,7	3	3,2	4	4,5	7,5	9	13	20	20	20	20	20	20
	3	1,5	2	2,4	2,9	4,4	5	8	10	18	27	27	29	30	30	30
	4	2,2	3,5	4,4	4,7	6,4	7,5	9,5	11,5	14	29	29	31	33	33	33
	5	1	2,5	3,1	3,9	6,6	8	11,5	11	19	35	35	39	38	38	38
	6	1,5	2	2,2	2,9	4	4	7	8	15	24	26	29	29	29	29
	7	2,3	2,7	3	3,2	4	4,5	7,5	9	13	20	20	20	20	20	20
	8	1,5	2	2,4	2,9	4,4	5	8	10	18	27	27	29	30	30	30
	9	2,2	3,5	4,4	4,7	6,4	7,5	9,5	11,5	14	29	29	31	33	33	33
	10	1	2,5	3,1	3,9	6,6	8	11,5	11	19	35	35	39	38	38	38
II	11	2,2	2,5	3,5	3,8	5,5	6,5	11,5	21	23	35	40	40	40	40	40
	12	1	2,8	3.t	4,5	7,8	9,3	13	15	22	38	40	44	46	46	46
	13	2	2,5	3	3	5,5	6	9	11	16	31	32	35	35	35	35
	14	1,8	2,5	3,5	4	7,8	9	11	8	9	10	10	10	10	10	10
	15	1,5	2	3,1	3,5	5,1	6	10	13	19	30	30	32	33	33	33
	16	2,2	2,5	3,5	3,8	5,5	6,5	11,5	21	23	35	40	40	40	40	40
	17	1	2,8	3.t	4,5	7,8	9,3	13	15	22	38	40	44	46	46	46
	18	2	2,5	3	3	5,5	6	9	11	16	31	32	35	35	35	35
	19	1,8	2,5	3,5	4	7,8	9	11	8	9	10	10	10	10	10	10
	20	1,5	2	3,1	3,5	5,1	6	10	13	19	30	30	32	33	33	33
III	21	2	3,5	4,4	4,7	6,5	9	9,5	22	33	43	44	46	46	46	46
	22	2	3,5	3,9	6,4	8,5	10,5	14	18	26	32	32	33	36	36	36
	23	1,7	3	4	4,6	5,8	8,5	11,5	10	21	30	30	30	30	30	30
	24	2	2,5	2,7	3,3	6,4	7,5	10	11,5	15	19	20	20	20	20	20
	25	1,5	2,5	2,8	3	4,5	5,7	9	10,5	22	31	34	36	39	39	39
	26	2	3,5	4,4	4,7	6,5	9	9,5	22	33	43	44	46	46	46	46
	27	2	3,5	3,9	6,4	8,5	10,5	14	18	26	32	32	33	36	36	36
	28	1,7	3	4	4,6	5,8	8,5	11,5	10	21	30	30	30	30	30	30
	29	2	2,5	2,7	3,3	6,4	7,5	10	11,5	15	19	20	20	20	20	20
	30	1,5	2,5	2,8	3	4,5	5,7	9	10,5	22	31	34	36	39	39	39
IV	31	2	3	4,5	5	5,2	7,8	11	17	27	33	33	33	33	33	33
	32	1,5	2,5	2,9	3	4,5	5,5	8,5	12	20	26	28	31	31	31	31
	33	1,3	2,2	3,3	3,8	6	7,2	10	11	19	29	30	32	32	32	32
	34	1,8	2,5	2,8	3	4,7	5,5	9,5	16	23	37	37	39	40	40	40
	35	2,2	3,3	4,4	5,4	10,4	11	11,5	16,5	22	35	35	35	39	39	39
	36	2	3	4,5	5	5,2	7,8	11	17	27	33	33	33	33	33	33
	37	1,5	2,5	2,9	3	4,5	5,5	8,5	12	20	26	28	31	31	31	31
	38	1,3	2,2	3,3	3,8	6	7,2	10	11	19	29	30	32	32	32	32
	39	1,8	2,5	2,8	3	4,7	5,5	9,5	16	23	37	37	39	40	40	40
	40	2,2	3,3	4,4	5,4	10,4	11	11,5	16,5	22	35	35	35	39	39	39

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Capiro

Características agronómicas						
N° de planta	N° de tallos secundarios	Altura de tallo principal	N° de estolones por planta	Longitud de estolón	N° de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	2	50	14	110	3	70
2	2	69	20	120	4	81
3	3	91	23	135	3	107
4	3	65	18	120	2	82
5	2	72	19	120	4	92
6	2	50	14	110	3	70
7	2	69	20	120	4	81
8	3	91	23	135	3	107
9	3	65	18	120	2	82
10	2	72	19	120	4	92
11	4	81	22	115	4	100
12	3	77	15	120	4	94
13	3	74	17	130	4	89
14	3	63	11	125	3	76
15	3	71	14	110	3	81
16	4	81	22	115	4	100
17	3	77	15	120	4	94
18	3	74	17	130	4	89
19	3	63	11	125	3	76
20	3	71	14	110	3	81
21	2	62	15	90	3	78
22	3	78	18	105	4	93
23	3	65	17	90	3	79
24	3	69	18	100	4	82
25	4	78	21	110	4	91
26	2	62	15	90	3	78
27	3	78	18	105	4	93
28	3	65	17	90	3	79
29	3	69	18	100	4	82
30	4	78	21	110	4	91
31	2	62	17	120	4	75
32	4	91	18	130	5	104
33	3	73	20	110	3	83
34	3	77	15	115	4	90
35	3	74	18	110	4	93
36	2	62	17	120	4	75
37	4	91	18	130	5	104
38	3	73	20	110	3	83
39	3	77	15	115	4	90
40	3	74	18	110	4	93

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Peruanita

Características agronómicas						
N° de planta	N° de tallos secundarios	Altura de tallo principal	N° de estolones por planta	Longitud de estolón	N° de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	4	60	32	100	8	72
2	6	90	38	95	7	82
3	5	90	35	110	10	80
4	4	83	29	90	9	75
5	4	82	30	90	8	81
6	4	60	32	100	8	72
7	6	90	38	95	7	82
8	5	90	35	110	10	80
9	4	83	29	90	9	75
10	4	82	30	90	8	81
11	6	87	35	100	6	79
12	5	88	33	110	8	75
13	5	96	36	125	9	87
14	4	82	27	95	7	70
15	4	70	23	85	8	62
16	6	87	35	100	6	79
17	5	88	33	110	8	75
18	5	96	36	125	9	87
19	4	82	27	95	7	70
20	4	70	23	85	8	62
21	4	80	28	110	7	72
22	6	85	32	125	8	91
23	5	75	30	90	6	88
24	5	78	30	100	7	80
25	7	83	39	115	5	89
26	4	80	28	110	7	72
27	6	85	32	125	8	91
28	5	75	30	90	6	88
29	5	78	30	100	7	80
30	7	83	39	115	5	89
31	6	77	29	90	6	83
32	6	84	32	110	8	95
33	7	86	30	120	8	93
34	6	70	30	95	6	65
35	3	66	27	85	4	50
36	6	77	29	90	6	83
37	6	84	32	110	8	95
38	7	86	30	120	8	93
39	6	70	30	95	6	65
40	3	66	27	85	4	50

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Qompis

Características agronómicas						
Nº de planta	Nº de tallos secundarios	Altura de tallo principal	Nº de estolones por planta	Longitud de estolón	Nº de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	8	192	12	165	4	116
2	6	185	10	155	3	98
3	5	173	15	150	4	107
4	6	173	18	160	3	99
5	6	170	18	135	3	95
6	8	192	12	165	4	116
7	6	185	10	155	3	98
8	5	173	15	150	4	107
9	6	173	18	160	3	99
10	6	170	18	135	3	95
11	5	148	14	140	4	93
12	9	189	23	150	5	100
13	8	165	10	145	3	98
14	4	100	13	120	3	88
15	7	135	16	135	4	93
16	5	148	14	140	4	93
17	9	189	23	150	5	100
18	8	165	10	145	3	98
19	4	100	13	120	3	88
20	7	135	16	135	4	93
21	8	174	18	140	3	103
22	8	187	21	155	4	115
23	7	180	19	160	4	105
24	7	175	18	145	5	97
25	6	170	20	135	4	102
26	8	174	18	140	3	103
27	8	187	21	155	4	115
28	7	180	19	160	4	105
29	7	175	18	145	5	97
30	6	170	20	135	4	102
31	5	163	19	140	3	99
32	6	147	15	140	3	98
33	6	155	17	160	4	108
34	4	110	11	130	3	79
35	6	120	13	145	3	83
36	5	163	19	140	3	99
37	6	147	15	140	3	98
38	6	155	17	160	4	108
39	4	110	11	130	3	79
40	6	120	13	145	3	83

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Serranita

Características agronómicas						
Nº de planta	Nº de tallos secundarios	Altura de tallo principal	Nº de estolones por planta	Longitud de estolón	Nº de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	6	164	13	165	4	110
2	7	160	18	145	5	113
3	6	152	17	130	3	100
4	9	203	20	150	4	125
5	6	150	18	120	3	98
6	6	164	13	165	4	110
7	7	160	18	145	5	113
8	6	152	17	130	3	100
9	9	203	20	150	4	125
10	6	150	18	120	3	98
11	5	146	15	120	3	102
12	7	184	23	155	3	119
13	6	155	15	150	4	106
14	6	150	16	160	3	99
15	6	152	18	125	3	100
16	5	146	15	120	3	102
17	7	184	23	155	3	119
18	6	155	15	150	4	106
19	6	150	16	160	3	99
20	6	152	18	125	3	100
21	8	183	22	130	3	118
22	5	152	20	150	4	98
23	7	189	23	140	4	123
24	9	195	28	145	4	125
25	5	150	12	125	3	102
26	8	183	22	130	3	118
27	5	152	20	150	4	98
28	7	189	23	140	4	123
29	9	195	28	145	4	125
30	5	150	12	125	3	102
31	5	160	18	140	4	102
32	5	158	17	150	3	95
33	7	180	25	130	5	115
34	5	143	18	140	4	102
35	5	107	13	130	2	89
36	5	160	18	140	4	102
37	5	158	17	150	3	95
38	7	180	25	130	5	115
39	5	143	18	140	4	102
40	5	107	13	130	2	89

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Amarilla Tumbay

Características agronómicas						
N° de planta	N° de tallos secundarios	Altura de tallo principal	N° de estolones por planta	Longitud de estolón	N° de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	2	92	8	105	8	82
2	2	117	11	120	6	93
3	3	104	10	110	7	91
4	2	132	11	135	8	90
5	4	137	12	130	8	93
6	2	92	8	105	8	82
7	2	117	11	120	6	93
8	3	104	10	110	7	91
9	2	132	11	135	8	90
10	4	137	12	130	8	93
11	2	111	10	120	10	79
12	1	94	8	105	6	75
13	3	105	10	100	8	78
14	3	113	10	95	7	95
15	2	107	8	100	8	81
16	2	111	10	120	10	79
17	1	94	8	105	6	75
18	3	105	10	100	8	78
19	3	113	10	95	7	95
20	2	107	8	100	8	81
21	4	115	11	105	8	90
22	2	127	13	105	6	92
23	2	107	10	90	8	95
24	1	89	8	90	8	73
25	2	95	10	85	6	89
26	4	115	11	105	8	90
27	2	127	13	105	6	92
28	2	107	10	90	8	95
29	1	89	8	90	8	73
30	2	95	10	85	6	89
31	3	113	11	100	8	90
32	2	105	11	90	7	89
33	2	100	11	90	9	80
34	3	107	8	85	6	78
35	2	107	9	90	6	92
36	3	113	11	100	8	90
37	2	105	11	90	7	89
38	2	100	11	90	9	80
39	3	107	8	85	6	78
40	2	107	9	90	6	92

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Mact'illo

Características agronómicas						
Nº de planta	Nº de tallos secundarios	Altura de tallo principal	Nº de estolones por planta	Longitud de estolón	Nº de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	1	78	8	110	1	55
2	2	97	10	120	2	83
3	2	117	12	130	1	105
4	1	102	10	110	2	93
5	0	82	6	100	2	75
6	1	78	8	110	1	55
7	2	97	10	120	2	83
8	2	117	12	130	1	105
9	1	102	10	110	2	93
10	0	82	6	100	2	75
11	1	89	8	110	3	80
12	2	103	10	130	2	89
13	2	93	11	120	2	82
14	1	87	10	115	1	73
15	0	77	8	110	1	50
16	1	89	8	110	3	80
17	2	103	10	130	2	89
18	2	93	11	120	2	82
19	1	87	10	115	1	73
20	0	77	8	110	1	50
21	3	122	14	135	2	100
22	2	95	12	120	2	78
23	2	105	10	130	2	94
24	1	96	10	130	2	73
25	1	97	8	125	1	80
26	3	122	14	135	2	100
27	2	95	12	120	2	78
28	2	105	10	130	2	94
29	1	96	10	130	2	73
30	1	97	8	125	1	80
31	1	97	8	130	2	83
32	2	137	10	140	2	103
33	1	97	9	130	1	85
34	2	107	10	140	3	90
35	0	79	6	120	2	59
36	1	97	8	130	2	83
37	2	137	10	140	2	103
38	1	97	9	130	1	85
39	2	107	10	140	3	90
40	0	79	6	120	2	59

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Canchan

Características agronómicas						
N° de planta	N° de tallos secundarios	Altura de tallo principal	N° de estolones por planta	Longitud de estolón	N° de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	3	91	8	120	3	92
2	4	117	10	130	3	99
3	4	92	10	110	4	82
4	4	87	8	115	2	96
5	5	104	12	125	3	71
6	3	91	8	120	3	92
7	4	117	10	130	3	99
8	4	92	10	110	4	82
9	4	87	8	115	2	96
10	5	104	12	125	3	71
11	3	99	8	130	3	92
12	4	108	9	135	3	98
13	4	102	10	130	2	103
14	3	93	9	120	3	92
15	3	82	8	110	3	93
16	3	99	8	130	3	92
17	4	108	9	135	3	98
18	4	102	10	130	2	103
19	3	93	9	120	3	92
20	3	82	8	110	3	93
21	3	87	8	115	3	82
22	3	102	10	120	2	93
23	4	109	12	130	3	89
24	3	79	8	125	3	54
25	3	80	9	120	4	92
26	3	87	8	115	3	82
27	3	102	10	120	2	93
28	4	109	12	130	3	89
29	3	79	8	125	3	54
30	3	80	9	120	4	92
31	3	97	9	130	2	94
32	5	102	10	130	3	108
33	4	67	8	120	2	95
34	4	83	8	130	2	88
35	4	87	8	110	3	78
36	3	97	9	130	2	94
37	5	102	10	130	3	108
38	4	67	8	120	2	95
39	4	83	8	130	2	88
40	4	87	8	110	3	78

Nota: Datos de campo de características agronómicas de la variedad Amarilis

Características agronómicas						
Nº de planta	Nº de tallos secundarios	Altura de tallo principal	Nº de estolones por planta	Longitud de estolón	Nº de tubérculos por estolón	Longitud de raíz
1	0	29	8	110	2	75
2	0	20	7	120	1	69
3	0	30	5	135	1	78
4	0	33	6	120	1	81
5	0	38	5	125	2	85
6	0	29	8	110	2	75
7	0	20	7	120	1	69
8	0	30	5	135	1	78
9	0	33	6	120	1	81
10	0	38	5	125	2	85
11	0	40	6	120	3	88
12	1	46	8	140	2	80
13	0	35	5	120	2	67
14	0	10	3	80	2	32
15	0	33	4	110	1	77
16	0	40	6	120	3	88
17	1	46	8	140	2	80
18	0	35	5	120	2	67
19	0	10	3	80	2	32
20	0	33	4	110	1	77
21	0	46	6	120	2	82
22	0	36	5	120	3	85
23	0	30	6	115	1	68
24	0	20	4	120	2	54
25	0	39	8	125	1	78
26	0	46	6	120	2	82
27	0	36	5	120	3	85
28	0	30	6	115	1	68
29	0	20	4	120	2	54
30	0	39	8	125	1	78
31	0	33	5	130	2	69
32	0	31	6	130	2	67
33	0	32	5	130	3	71
34	1	40	8	130	2	80
35	0	39	6	110	2	72
36	0	33	5	130	2	69
37	0	31	6	130	2	67
38	0	32	5	130	3	71
39	1	40	8	130	2	80
40	0	39	6	110	2	72

Nota: Datos de campo temperatura (°C)

Fecha	Temperatura dentro del invernadero	Temperatura dentro del módulo aeropónico
15/12/2023	25	22
18/12/2023	25	22
19/12/2023	23	20
20/12/2023	25	22
21/12/2023	29	22
22/12/2023	22	20
25/12/2023	25	22
26/12/2023	23	21
27/12/2023	22	19
28/12/2023	30	22
29/12/2023	27	23
01/01/2024	22	19
02/01/2024	22	19
03/01/2024	24	21
04/01/2024	26	23
05/01/2024	26	22
08/01/2024	23	20
09/01/2024	25	22
10/01/2024	27	22
11/01/2024	26	23
12/01/2024	28	23
15/01/2024	27	23
16/01/2024	25	22
17/01/2024	28	22
18/01/2024	23	21
19/01/2024	26	23
22/01/2024	28	23
23/01/2024	27	22
24/01/2024	23	21
25/01/2024	23	21
26/01/2024	23	21
29/01/2024	25	22
30/01/2024	28	23
31/01/2024	25	23
01/02/2024	27	23
02/02/2024	23	20
05/02/2024	30	23
06/02/2024	28	22

07/02/2024	22	20
08/02/2024	27	23
09/02/2024	24	22
12/02/2024	29	23
13/02/2024	22	20
14/02/2024	25	22
15/02/2024	26	22
16/02/2024	28	22
19/02/2024	28	23
20/02/2024	25	23
21/02/2024	23	21
22/02/2024	25	23
23/02/2024	29	23
26/02/2024	29	23
27/02/2024	28	23
28/02/2024	27	23
29/02/2024	30	22
01/03/2024	23	20
04/03/2024	24	21
05/03/2024	22	19
06/03/2024	24	21
07/03/2024	23	21
08/03/2024	27	23
11/03/2024	30	22
12/03/2024	26	23
13/03/2024	25	23
14/03/2024	23	21
15/03/2024	22	19
18/03/2024	30	23
19/03/2024	23	21
20/03/2024	27	22
21/03/2024	22	19
22/03/2024	26	23
25/03/2024	27	22
26/03/2024	29	23
27/03/2024	23	21
28/03/2024	30	23
29/03/2024	26	22
01/04/2024	29	23
02/04/2024	26	23
03/04/2024	23	20

04/04/2024	28	23
05/04/2024	26	22
08/04/2024	26	22
09/04/2024	30	23
10/04/2024	23	20
11/04/2024	28	23
12/04/2024	30	22
15/04/2024	28	23
16/04/2024	26	22
17/04/2024	25	22
18/04/2024	26	23
19/04/2024	27	22
22/04/2024	28	23
23/04/2024	28	22
24/04/2024	24	22
25/04/2024	25	22
26/04/2024	30	23
29/04/2024	26	22
30/04/2024	28	23
01/05/2024	26	23
02/05/2024	30	23
03/05/2024	23	20
06/05/2024	24	21
07/05/2024	25	23
08/05/2024	27	22
09/05/2024	26	23
10/05/2024	28	22
13/05/2024	29	22
14/05/2024	29	22
15/05/2024	26	22
16/05/2024	25	23
17/05/2024	23	21
20/05/2024	26	22
21/05/2024	28	22
22/05/2024	30	22
23/05/2024	23	21
24/05/2024	28	22
27/05/2024	27	23
28/05/2024	27	23
29/05/2024	23	20
30/05/2024	22	19

CP Electrobombas centrífugas

-  Aguas limpias
-  Uso doméstico
-  Uso civil



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **160 l/min** (9.6 m³/h)
- Altura hasta **56 m**

USOS E INSTALACIONES

Se recomienda para bombear agua limpia y líquidos químicamente no agresivos para los materiales de la bomba.

Por su fiabilidad y facilidad de uso, se utilizan mucho en los sectores doméstico y civil, sobre todo para la distribución de agua en combinación con depósitos autoclave pequeños o medianos, para la decantación y para el riego de huertos o jardines.

※ **Los rodetes de esta familia están fabricados de AISI 304 para garantizar su funcionamiento durante 10 años**

LÍMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
 - **6 bar** para CP 600-610-620
 - **10 bar** para CP 650-660-670

EJECUCIONES A PEDIDO

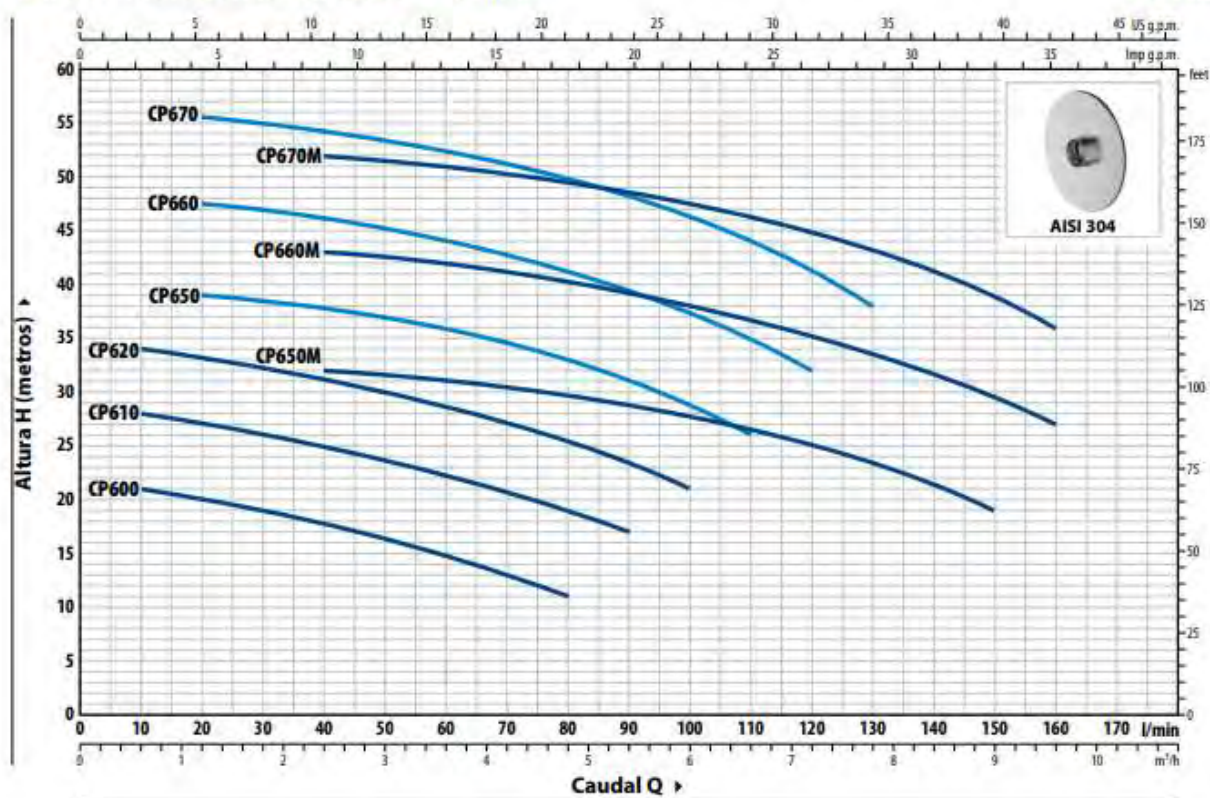
- ※ Sello mecánico especial
- ※ Protección IP X5 para CP 650-660-670
- ※ Diferente voltaje o frecuencia

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- CPm158 marca registrada n° 0001516350
- Modelo comunitario registrado n° 002098434

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES – HS=0 m

60 Hz



TIPO		POTENCIA (P ₂)		3~	Q	m ³ /h															
Monofásico	Trifásico	kW	HP			0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	9.0	9.6			
						0	10	20	40	60	80	90	100	110	120	130	150	160			
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	IE2	H m	22	21	20	18	15	11										
CPm 610	CP 610	0.60	0.85			28.5	28	27	25	22	19	17									
CPm 620	CP 620	0.75	1	IE3		35	34	33	31	28.5	25.5	23.5	21								
CPm 650	CP 650	1.1	1.5			40	–	39	38	36	33.1	31.2	28.8	26							
CPm 660	CP 660	1.5	2			48	–	47.5	46	44	41	39.5	37.5	35	32						
CPm 670	CP 670	2.2	3			56	–	55.5	54.5	52.5	50	48.5	46.5	44	41.5	38					
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5			33	–	–	32	31	30	29	28	26.5	25	23	19				
CPm 660M	CP 660M	1.5	2			44	–	–	43	42	40	39	38	37	35.5	34	29.5	27			
CPm 670M	CP 670M	2.2	3			53	–	–	52	51	49.5	48.5	47.5	46.5	45	43.5	39	36			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

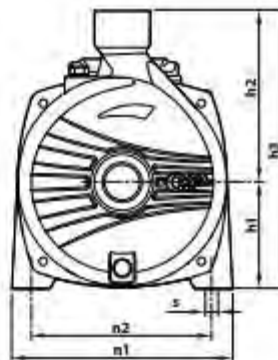
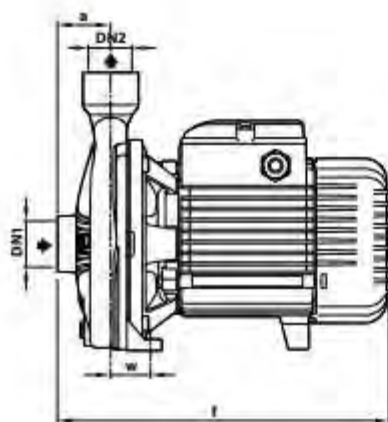
Tolerancia de las curvas de prestaciones según EN ISO 9906 Grado 3B.

CONSUMOS

TIPO	TENSIÓN	
	220 V	110 V
CPm 600	2.7 A	5.5 A
CPm 610	4.0 A	8.0 A
CPm 620	6.0 A	12.0 A
CPm 650	8.8 A	—
CPm 650M	8.8 A	—
CPm 660	9.7 A	—
CPm 660M	9.7 A	—
CPm 670	13.2 A	—
CPm 670M	12.0 A	—

TIPO	TENSIÓN			
	220 V - Δ	380 V - Δ	220 V - Δ	440 V - Δ
CP 600	1.8 A	1.0 A	2.0 A	1.2 A
CP 610	2.8 A	1.6 A	2.6 A	1.5 A
CP 620	4.2 A	2.4 A	4.2 A	2.4 A
CP 650	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 650M	7.5 A	4.3 A	5.8 A	3.2 A
CP 660	7.6 A	4.4 A	5.9 A	3.2 A
CP 660M	7.6 A	4.4 A	6.4 A	4.1 A
CP 670	10.4 A	6.0 A	8.8 A	5.0 A
CP 670M	8.6 A	5.0 A	7.8 A	4.5 A

DIMENSIONES Y PESOS



TIPO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásico	Trifásico	DN1	DN2	a	f	h3	h1	h2	n1	n2	w	s		1~	3~
CPm 600	CP 600	1"	1"	42	257	205	82	123	165	135	38	11		7.0	7.7
CPm 610	CP 610				286	240	92	148	190	160	37			8.5	7.8
CPm 620	CP 620				367	260	110	150	206	165	44.5			10.9	10.9
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	1 1/4"	1"	51	367	260	110	150	206	165	44.5	11		17.7	17.6
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M				367/387	260	110	150	206	165	44.5			19.0	17.9
CPm 670 - 670M	CP 670 - 670M				367/387	260	110	150	206	165	44.5			20.9	22.5

PALETIZACIÓN

TIPO		GROUPAGE	CONTAINER
Monofásico	Trifásico	n° bombas	n° bombas
CPm 600	CP 600	96	144
CPm 610	CP 610	96	144
CPm 620	CP 620	70	112
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	50	70
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M	50	70
CPm 670 - 670 M	—	50	70
—	CP 670 - 670 M	35	49

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

1	Cuerpo bomba	Hierro fundido con tratamiento de cataforesis equipado con bocas roscadas ISO 228/1			
2	Tapa	Acero inoxidable AISI 304 (hierro fundido para CP 170-170M-190-200)			
3	Rodete	Acero inoxidable AISI 304			
4	Sello mecánico	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales
		CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica / Grafito / NBR
		CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica / Grafito / NBR
		CP 650-660-670	FN-18	Ø 18 mm	Grafito / Cerámica / NBR
		CP 650M-660M-670M			
5	Eje motor	Acero inoxidable AISI 431			
6	Motor eléctrico	CPm: monofásico 220 V - 60 Hz con protección térmica del motor integrada en el bobinado. CP: trifásico 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz – Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P2=0.60 kW y en clase IE3 desde P2=0.75 kW (IEC 60034-30-1) – Servicio continuo S1 – Aislamiento: clase F – Protección: IPX5			



HADAR 7110



Para riego, propagación y control climático

APLICACIONES

- Horticultura y viticultura
- Frutales
- Invernaderos y viveros
- Semilleros y jardines

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Acople bayoneta exclusivo
- Construcción modular para uso fácil y modificación,
- Gama completa de patrones de humedecimiento con 9 alternativas
- Boquillas en 11 códigos de colores con caudales de 23 a 333 l/h
- Distribución uniforme del agua
- LPD (dispositivo antidrenante)



© HADAR 7110 Ltd. 02/2014



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Presiones recomendadas de operación : 1.5 - 3.0 bar
- Diámetro de humedecimiento: 1.7 - 11.0 m
- Recomendaciones de filtrado:
Para boquilla 0.8 - 1.2 mm: 120 mesh, 130 μ
Para boquilla 1.3 mm y mas : 80 mesh, 200 μ

DIÁMETRO DE HUMEDECIMIENTO (M) A 2.0 BAR

Boquilla ø (mm)	Color Boquilla	Caudal (l/h)								
			Nebulizador	Rociador pequeño	Rociador largo alcance Anti Insecto	Rociador (180°)	Rotor 40 L	Rotor medio	Rotor largo alcance	Rotor invertido ¹⁾
0.8	Negro	33	2.0	2.2						
0.9	Gris	41	2.1	2.3	2.4		6.0			
1.0	Violeta	50	2.3	2.4	3.0			6.6		8.4
1.1	Rojo	61	2.4	2.6	3.2			7.0		8.5
1.2	Naranja	75	2.6	2.8	3.6			7.5		9.0
1.3	Verde	87	3.0	2.9	3.6	3.0		8.5		9.5
1.4	Azul	103	3.3	3.1	3.6	3.1			9.4	10.0
1.6	Amarillo	128	3.6	3.0	3.7	3.3			9.6	10.2
1.8	Verde brillante	166	4.1	3.0	3.8	3.4			10.2	10.6
2.0	Bianca	199	4.4	3.2	3.9	3.5			10.4	11.0
2.3	Marrón	265	5.4		4.2	3.7			10.6	

¹⁾Probado a 2.0 m del nivel del suelo

TABLA DE RENDIMIENTO 7110 INVERTIDO A 2 BAR

Boquilla ø (mm)	Color Boquilla	Caudal (l/h)	Diámetro (m)	Precipitación (mm/h) espaciamiento (m)									
				3x3	3x4	3x5	4x4	4x5	4x6	5x5	5x6	6x6	
1.3	Verde	87	9.5	9.7	7.3	3.8	5.4	6.4		1.3			
1.4	Azul	103	10.0	11.4	9.6	6.9	6.4	5.2					
1.6	Amarillo	128	10.2	14.2	10.7	8.3	8.0	6.4	5.3	5.3	4.3	3.6	
1.8	Verde brillante	166	10.6	18.7	14.0	11.2	10.5	8.4	7.0	6.7	5.6	4.7	
2.0	Bianca	199	11.0	22.1	16.5	13.3	12.4	10.0	8.3	8.0	6.6	5.5	

Probado bajo condiciones de laboratorio a 2.0 m sobre el suelo

Código para entramado de distribución	CU-05-04	CU-05-071	CU-05-085	CU-05-1
--	----------	-----------	-----------	---------

7110
Microaspersor invertido con LPD

7110 Nebulizador
4.0 mm base insertada



© NARANJA INTEL 02/2014

NEBULIZADOR PARA PROPAGACIÓN

- Espaciamiento sobre línea: 1.0 m
- Espaciamiento entre línea:
 - Dos laterales para una mesa de 1.4 - 1.6 m de largo
 - Un solo lateral para una mesa de 1.2 m de largo
- Presiones recomendadas de operación : 2.5 - 4.0 bar

Anexo 3: Evidencias fotográficas

Nota: Invernadero



Nota: Plántulas invitro



Nota: Sistema de riego



Nota: Enraizamiento de plántulas



Nota: Plántulas listas para trasplante a contenedores aeropónicos



Nota: Preparación de plántulas para trasplante



Nota: Trasplante de plántulas



Nota: Toma de medida de altura de planta



Nota: Poda y aporque



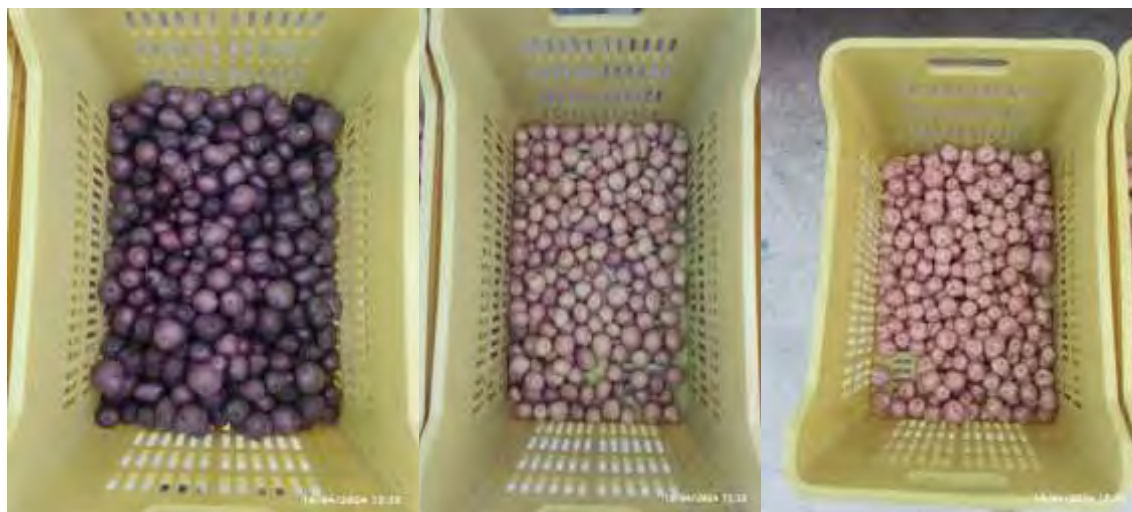
Nota: Tutorado



Nota: Tubérculos antes de ser cosechados



Nota: Cosecha Tubérculos cosechados



Nota: Visita de asesor al lugar de la ejecución del proyecto

