

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la
producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*)**

en condiciones de Manchay - Lima

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Gina Elizabeth PALACIOS CAMPOS

Bach. Ángelo Rafael VALDEZ VERASTIGUE

Asesor:

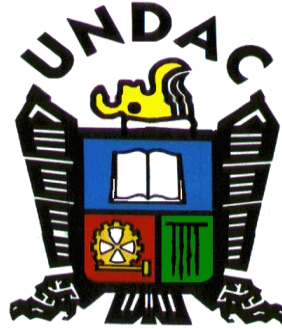
Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la
producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*)
en condiciones de Manchay - Lima**

Sustentada y aprobada ante los miembros de los jurados:

**Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS
PRESIDENTE**

**Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO**

**Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 089-2023/UIFCCAA/V

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

Presentado por
**Palacios Campos Gina Elizabeth
Valdez Verastigue, Angelo Rafael**

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

“Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay – Lima”

Asesor
Mg. Inga Ortiz, Josué Hernán

Índice de similitud
12%

Calificativo
APROBADO

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

Cerro de Pasco, 05 de setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Luis A. Huanes Tovar
Director

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico primeramente a Dios por estar junto a mí en cada proceso de mi vida y poder lograr mis objetivos, también se lo dedico a mi madre por su esfuerzo, dedicación y la fe que siempre tuvo en mí. A mis amados hijos quienes han sido mi fortaleza, mis motivos de lucha y perseverancia. A quienes siempre les sembré que los sueños no se dejan a medias, no importa cuánto se tarde se tiene que cumplir y llegar a la meta, **Gina**.

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento, **Angelo**.

AGRADECIMIENTO

Agradecer al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz por el apoyo como asesor de la presente tesis.

También reconocer a los miembros del jurado de tesis: Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS, Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO y al Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ, por el aporte de sus conocimientos a la redacción de la tesis.

Agradecer también a todos los catedráticos de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la UNDAC por contribuir en mi formación profesional con sus conocimientos y consejos.

Así mismo agradecer al personal administrativo de la UNDAC por el apoyo en los trámites y por sus consejos durante los cinco años de estudio.

RESUMEN

El presente experimento se desarrolló en la localidad de Manchay, provincia de Lima, en condiciones de campo. El objetivo de la investigación fue. Determinar el efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay - Lima. Se ensayaron cuatro variedades de albahaca. El diseño estadístico utilizado fue el completo al azar (DCA) con cuatro tratamientos y diez observaciones, también se realizó la prueba de Tukey para la comparación de los tratamientos, se usaron las soluciones hidropónicas A y B desarrolladas por la Universidad Nacional Agraria La Molina y se obtuvieron datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Los resultados fueron los siguientes: la mejor altura de planta a la cosecha lo obtuvo la variedad Large leaf que alcanzó 52.40 cm, la variedad Italiana presenta el mayor número de hojas por planta con 88.10 hojas, la mayor área foliar lo logró la variedad Roja con 89.10 cm². La mejor precocidad lo alcanzó la variedad Italiana con 70 días y fue la más precoz, el mejor peso fresco radicular lo obtuvo la variedad Large leaf que logró 85.80 gramos, en cuanto a peso fresco de la biomasa aérea por planta la variedad Italiana logró 139.60 gramos, el mayor contenido de aceite lo obtuvo la variedad Italiana que formó 0.45 ml/100 g de muestra. En cuanto a plagas y enfermedades en la fase de almácigo se presentó la chupadera llegando hasta 11.5 % y después de haber instalado en el sistema hidropónico la variedad Italiana fue la más susceptible con 24 % de incidencia

Palabras clave: Albahaca, hidroponía, variedades, sistema recirculante.

ABSTRACT

The present experiment was carried out in the town of Manchay, province of Lima, under field conditions. The objective of the investigation was. To determine the effect of the pyramidal recirculating hydroponic system on the production of four varieties of basil (*Ocimum basilicum*) under Manchay - Lima conditions. Four varieties of basil were tested. The statistical design used was complete at random (DCA) with four treatments and ten observations, the Tukey test was also performed to compare the treatments, the hydroponic solutions A and B developed by the Universidad Nacional Agraria La Molina were used and the obtained meteorological data from the National Meteorology and Hydrology Service. The results were as follows: the best plant height at harvest was obtained by the Large leaf variety, which reached 52.40 cm, the Italian variety had the highest number of leaves per plant with 88.10 leaves, the largest leaf area was achieved by the Red variety with 89.10 cm². The best precocity was reached by the Italian variety with 70 days and it was the earliest, the best root fresh weight was obtained by the Large leaf variety, it achieved 85.80 grams, in terms of fresh weight of the aerial biomass per plant the Italian variety achieved 139.60 grams, the highest oil content was obtained by the Italian variety, which formed 0.45 ml/100 g of sample. As for pests and diseases in the nursery phase, the sucker was presented reaching up to 11.5 % and after having installed in the hydroponic system the Italian variety was the most susceptible with 24 % incidence.

Keywords: Basil, hydroponics, varieties, recirculating system.

INTRODUCCIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum*), es una planta aromática popular y ampliamente utilizada en la cocina debido a su distintivo sabor y aroma; tradicionalmente, se ha cultivado en suelos agrícolas convencionales, pero en los últimos años, el sistema hidropónico ha ganado popularidad como una forma eficiente y sostenible de cultivar albahaca, así como otras hierbas y vegetales (Arteaga, 2022).

El sistema hidropónico es un método de cultivo que prescinde del uso de suelo y se basa en el suministro de nutrientes disueltos en agua directamente a las raíces de las plantas; en lugar de crecer en la tierra, las raíces de la albahaca se suspenden en una solución acuosa rica en nutrientes, lo que permite un control preciso de los factores ambientales y nutricionales (Ortiz, 2021).

Uno de los principales beneficios del cultivo hidropónico de albahaca es la optimización del uso de recursos; al eliminar el suelo, se reducen los riesgos asociados con enfermedades del suelo y plagas, lo que a su vez disminuye la necesidad de pesticidas y fertilizantes químicos, además, el sistema hidropónico permite un uso eficiente del agua, ya que se recircula y se reutiliza, en lugar de ser desperdiciada o evaporada como ocurre en los métodos de cultivo convencionales (Mamani, 2021).

Además de la eficiencia en el uso de recursos, el sistema hidropónico proporciona un control preciso sobre las condiciones de crecimiento; la temperatura, la humedad, la luz y los niveles de nutrientes pueden ajustarse y mantenerse constantes, lo que favorece un crecimiento óptimo de las plantas, esto resulta en una mayor velocidad de crecimiento y una producción constante de albahaca de alta calidad durante todo el año, independientemente de las estaciones o las condiciones climáticas externas (Morales, 2019).

En la presente tesis en el capítulo I se presenta la identificación del problema a estudiar, se formuló los objetivos, se presenta la justificación de la investigación, así como también las limitaciones que se presentaron en la ejecución del experimento. El capítulo II describe los antecedentes, las bases teóricas científicas y en se plantearon

las hipótesis se presenta la operacionalización de variables. El capítulo III se presenta la metodología detalladamente, la conducción y diseño de la investigación, la población estudiada y la muestra, así como las técnicas y procedimientos de recolección y procesamiento de datos, los tratamientos utilizados, la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos, también la orientación ética. El capítulo IV muestra los resultados y la discusión, así como también la prueba de hipótesis. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio	7
2.2.	Bases teóricas - científicas	11
2.2.1.	La albahaca	11
2.2.2.	Variedades de albahaca usadas en el experimento.....	14
2.2.3.	Sistema hidropónico recirculante.....	16
2.2.4.	Solución nutritiva	17
2.2.5.	Solución nutritiva usada en el experimento.....	19
2.3.	Definición de términos básicos.....	19
2.4.	Formulación de Hipótesis	20
2.4.1.	Hipótesis general	20
2.4.2.	Hipótesis Específicas	20
2.5.	Identificación de variables	20
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Nivel de investigación	22
3.3.	Métodos de investigación	22
3.3.1.	Conducción del experimento.....	22
3.4.	Diseño de investigación	24
3.4.1.	Características del experimento	24
3.5.	Población y muestra	25
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	26

3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	26
3.9.	Tratamiento Estadístico.....	28
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	30
4.1.1.	Ubicación geográfica y características meteorológicas	30
4.1.2.	Datos meteorológicos.....	31
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	31
4.2.1.	Características agronómicas.....	31
4.2.2.	Precocidad.....	39
4.2.3.	Producción.....	39
4.3.	Prueba de Hipótesis	43
4.4.	Discusión de resultados	44
4.4.1.	Características agronómicas.....	44
4.4.2.	Precocidad.....	46
4.4.3.	Producción.....	46

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Superficie cosechada y rendimiento promedio de albahaca	2
Tabla 2 Operacionalización de variables	21
Tabla 3 Tratamientos en estudio de albahaca	28
Tabla 4 Análisis de varianza para un DCA	29
Tabla 5 Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación.....	31
Tabla 6 Análisis de varianza para la altura de planta a la cosecha	32
Tabla 7 Prueba de Tukey para la altura de planta a la cosecha (cm)	32
Tabla 8 Análisis de varianza para número de hojas por planta (n°)	33
Tabla 9 Prueba de Tukey para número de hojas por planta (n°).....	34
Tabla 10 Análisis de varianza para área foliar (cm ²).....	35
Tabla 11 Prueba de Tukey para área foliar (cm ²)	36
Tabla 12 Análisis de varianza para peso fresco radicular (g).....	39
Tabla 13 Prueba de Tukey para peso fresco radicular (g)	40
Tabla 14 Análisis de varianza para peso de la biomasa aérea por planta (g)	41
Tabla 15 Prueba de Tukey para peso de la biomasa aérea por planta (g).....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del sistema hidropónico piramidal	23
Figura 2 Croquis del campo experimental	24
Figura 3 Detalles de un tratamiento (vista de planta)	25
Figura 4 Altura de planta a la cosecha en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (cm).....	33
Figura 5 Número de hojas por planta en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (n°).....	35
Figura 6 Área foliar por planta en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (cm ²)	36
Figura 7 Ataque de chupadera en cuatro variedades de albahaca en almácigo (%) ..	37
Figura 8 Ataque de plagas en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (%).....	38
Figura 9 Días a la maduración en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante.....	39
Figura 10 Peso fresco radicular en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante (g)	41
Figura 11 Peso fresco de biomasa aérea en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante	42
Figura 12 Contenido de aceite en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (g/100 g de muestra).....	43

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La población mundial cada vez se incrementa, y es necesario producir alimentos a gran escala, los suelos están contaminados y existe un cambio climático, por lo que la hidroponía es una alternativa viable (Yate y Zambrano 2022).

La albahaca es una planta aromática que presenta 23 kcal de energía, 3.5 g de proteínas, 0.64 g de lípidos y 1.6 g de fibra (por 100g de muestra de hojas fresca), se usa para preparar diferentes platos y es muy aceptado por las amas de casa; también es usado como planta medicinal y en aromaterapia (Ferías *et al.*, 2022).

Saltos y Vélez (2019) reportan que la albahaca es usada en la industria cosmética, farmacéutica y perfumería, el contenido de aceite puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y a factores agronómicos. Rivas y Gamboa (2015) manifiesta que la albahaca contiene taninos, terpenos, flavonoides y glicósidos por lo que es medicinal; actualmente la albahaca presenta alta demanda debido a las bondades anteriormente descritas.

El cultivo de albahaca en Perú es una actividad agrícola importante debido a la demanda nacional e internacional de esta hierba aromática, la

albahaca se cultiva en diferentes regiones del país (Tabla 1), aprovechando la diversidad climática y los suelos adecuados para su desarrollo (Minagri, 2019).

Tabla 1
Superficie cosechada y rendimiento promedio de albahaca

Región	Superficie (ha)	Rendimiento promedio (t/ha)
Lima	350	8.62
Ica	21	6.39
Arequipa	29	12.12
Apurímac	15	5.46
Total	430	7.61

Fuente: Minagri 2019.

La tabla 1 muestra que la principal región de producción de albahaca es Lima, por lo que existe demanda del mercado, lo cual puede ser cubierto con la producción hidropónica.

En ciudades grandes como Lima los espacios para producir cultivos son escasos, una alternativa es la producción de verduras en sistemas hidropónicos recirculantes piramidales, teniendo una producción intensiva por unidad de área, obteniéndose verduras de alta calidad. El futuro de la hidroponía dependerá de bajar costos especialmente adoptando sistemas con mayor eficacia como el sistema piramidal.

Este problema de investigación plantea la incógnita sobre cómo el sistema hidropónico recirculante piramidal impacta en la producción de diferentes variedades de albahaca en una ubicación geográfica particular, que en este caso es Manchay, Lima. Es esencial entender cómo este sistema influye en el crecimiento y rendimiento de las plantas en esas condiciones, considerando factores como la calidad, cantidad y características de la producción de albahaca.

Por lo antes mencionado se pretende investigar la producción de cuatro variedades de albahaca en sistema hidropónico recirculante piramidal.

1.2. Delimitación de la investigación

Ubicación geográfica y condiciones específicas: La investigación se llevó a cabo exclusivamente en la zona de Manchay, Lima. Se centró en las condiciones climáticas y ambientales específicas de esta área.

Variedades de albahaca: Se estudió cuatro variedades específicas de albahaca (*Ocimum basilicum*). Otras variedades de albahaca no estuvieron incluidas en este estudio.

Sistema hidropónico recirculante piramidal: El enfoque estuvo en el sistema hidropónico recirculante piramidal como método de cultivo. Otros sistemas hidropónicos o métodos de cultivo no fueron objeto de este estudio.

Parámetros de evaluación: La investigación se concentró en evaluar el efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de albahaca. Otros aspectos, como efectos nutricionales o medicinales de la albahaca, quedaron fuera del alcance de este estudio.

Tamaño de la muestra: El número de plantas o unidades experimentales utilizadas en el estudio estuvo definido por el diseño de la investigación y los recursos disponibles.

Aspectos económicos: Aunque el impacto económico puede ser relevante, este estudio no incluyó un análisis detallado de los aspectos económicos asociados con la implementación del sistema hidropónico recirculante piramidal.

Aspectos sociales o culturales: El estudio no abordó aspectos sociales, culturales o históricos relacionados con la albahaca o la zona de Manchay.

Delimitación espacial: Esta investigación se llevó a cabo en el lugar denominado Manchay, distrito de Pachacamac, provincia y región Lima.

Delimitación temporal: El desarrollo de la investigación se llevó a cabo durante los meses de noviembre del 2022 hasta el mes de enero del 2023, sin

embargo, es necesario mencionar que en el sistema hidropónico y en condiciones de climáticas de Lima se puede producir cualquier época del año. Por lo tanto, los resultados y conclusiones estarán limitados a las condiciones y eventos ocurridos durante ese tiempo.

Delimitación social: Para la realización de este experimento se trabajó con el equipo humano; quienes son el asesor de la tesis y los tesisistas quienes condujeron el presente trabajo de investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles es el efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay - Lima?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo serán las características agronómicas de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal?

¿Cómo será la precocidad de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal?

¿Qué variedad de albahaca tendrá mayor producción en el sistema hidropónico recirculante piramidal?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay - Lima.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal.

- Determinar la precocidad de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal.
- Determinar la variedad de albahaca con mayor producción en el sistema hidropónico recirculante piramidal.

1.5. Justificación de la investigación

Escasez de recursos hídricos: Dado que el sistema hidropónico recirculante utiliza menos agua en comparación con los métodos de cultivo tradicionales en suelo, este estudio buscó explorar una alternativa más eficiente en el uso del agua, lo que es especialmente relevante en regiones con escasez de recursos hídricos como Manchay.

Optimización de la producción agrícola: En un contexto de crecimiento demográfico y demanda de alimentos, es crucial encontrar métodos de cultivo que maximicen la producción en espacios limitados. El sistema hidropónico recirculante piramidal podría presentarse como una solución para optimizar la producción de albahaca en áreas urbanas como Manchay.

Mejora de la calidad de los cultivos: El estudio buscó determinar si el sistema hidropónico recirculante piramidal tiene un impacto significativo en la calidad de las variedades de albahaca estudiadas. Se encontró que este sistema influye en aspectos como sabor, aroma y valor nutricional, podría promoverse como una forma de obtener productos de mejor calidad.

Desarrollo sostenible: Al analizar el efecto de un sistema de cultivo hidropónico, se podría contribuir al conocimiento sobre prácticas agrícolas sostenibles. Se demostró que este sistema reduce la necesidad de pesticidas y fertilizantes y minimiza el impacto ambiental, podría promoverse como una alternativa más amigable con el entorno.

Transferencia de tecnología agrícola: La investigación proporciona información valiosa para agricultores y comunidades interesadas en adoptar

métodos de cultivo modernos y tecnológicamente avanzados, como el sistema hidropónico recirculante piramidal.

Generación de conocimiento local: Al realizar la investigación en Manchay, se contribuiría al conocimiento específico de la zona y se podrían obtener resultados que sean relevantes para las condiciones particulares de esa región.

Contribución al campo de la agronomía: El estudio podría aportar a la literatura científica en el campo de la agronomía, específicamente en el área de la producción de cultivos mediante sistemas hidropónicos.

1.6. Limitaciones de la investigación

Por la época en el que se realizó la investigación se encontró las siguientes limitaciones.

- Presencia del cambio climático que influye en la intensidad y la severidad de plagas y enfermedades, además influye en la fenología del cultivo de albahaca.
- Limitaciones administrativas dentro de la Universidad.
- No se hallaron antecedentes nacionales relacionados a esta investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

En Manchay Lima, no se han realizado trabajos de investigación en sistemas hidropónico recirculante piramidal, sin embargo, en otras latitudes existen trabajos en albahaca hidropónica pero no en sistema piramidal.

Arteaga (2022) en la investigación “Efecto de sustancias minerales altamente diluidas aplicadas al cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema hidropónico”, la investigación se llevó a cabo en Quevedo – Ecuador. Se probaron tres sustancias hidropónicas. El experimento se llevó a cabo bajo un Diseño de Completamente al Azar con dos repeticiones, cada kit hidropónico contó con 6 plantas, se utilizó la variedad Genovesa. Los resultados muestran que la solución Silicea terra mejora la germinación y emergencia, la solución Natrum miricatum formó mayor longitud de raíces con 60.45 cm, mayor altura de planta con 42.25 cm, longitud de hoja de 13.9 cm, número de hojas 69, con peso en freco de 58.5 g. El medio Magnesia phosphorica presentó alta foración de bacterias con 1300 UFC/ml, en conclusión, las sustancias minerales altamente diluidas SMADs presentan un efecto significativo, para el desarrollo del cultivo de albahaca en sistema hidropónico.

Mamani (2021) en la investigación “Evaluación de tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante en el municipio de El Alto”, la investigación se llevó a cabo en la Paz – Bolivia, se usó el diseño completamente al azar con parcelas divididas, con tres repeticiones y 9 tratamientos, se usó soluciones propuestas por la FAO, Cabezas y Hochmuth) se probó las variedades: americana, Sucre y Superbo. Los resultados muestran a la variedad americana y con la solución de Cabezas con mejores características agronómicas, altura de planta (18.73 cm), diámetro de tallo (3.87 mm), peso fresco a la cosecha (7.26 g) y el rendimiento (0.637 kg/m²). La mejor relación costo beneficio lo presentó la variedad americana con la solución Cabezas 2.02, en conclusión, las tres soluciones nutritivas estudiadas en las tres variedades presentan efectos significativos.

Quenta (2020) en la investigación “Evaluación de dos variedades de albahaca (*Ocimum bacilicum* L.) en sistema hidropónico recirculante NFT en el municipio de Pucarani - La Paz”, el experimento se llevó a cabo en Bolivia, se probaron tres pendientes 0.2 %, 0.3% y 0.4%, para medir el Oxígeno disuelto (OD) en la solución nutritiva, para lo cual se usó un medidor de OD sonda polarográfica tipo Clark, los resultados muestran que se tuvo mejor OD a 0.2 y 0.3 % de pendiente y un menor OD a una pendiente de 0.4 %, lo cual influye en el número de hojas (55.4), ancho (2.41 cm) y largo de hojas (3.13 cm), ambas variedades de albahaca son rentables, por lo que se concluye que la pendiente del sistema hidropónico NFT influye significativamente en el rendimiento de las variedades estudiadas.

Ronzon et al (2012) en la investigación “Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*)” realizado en Veracruz México, se comparó el sistema hidropónico (SH) versus un sistema acuapónico (SA), la producción de plantas de albahaca se realizó en tanques de 4 x 0.8 m y 0.3 m de alto, las

plantas en el sistema acuapónico obtuvieron sus nutrientes de los metabolitos de las larvas de 800 langostinos (tanque de 25 m³), en el sistema hidropónico se usó solución nutritiva comercial 1.5 gramos por litro. Los resultados muestran que el SH presentó 90% de supervivencia de plantas en comparación al 25% del SA, la altura de planta o tallo en el sistema hidropónico fue mayor llegando a 45 cm con respecto al sistema acuapónico que llegó a 15 cm, el número de hojas en el SH fue de 50 y en el SA 10, se concluyen que es factible la producción de albahaca en sistema hidropónico (SH), formando buena cantidad de hojas y logrando una altura adecuada para la comercialización.

Birgi (2015) investigando la adaptación del cultivo de albahaca en sistema hidropónico tipo NTF, en condiciones de Buenos Aires – Argentina, las semillas se sembraron en vermiculita una parte y ocho partes de perlita de fina granulometría, controlaron periódicamente el pH y la conductividad eléctrica CE, después de 35 días se trasplantaron las plantas a la batea de producción, se lavó las raíces y se pusieron en espumas de espesor 2 cm y 5 cm de lado, la cosecha se realizó a los 30 días después del traslante (65 días en total), los resultados muestran que la albahaca germinó a los 17 días y tuvo un poder germinativo de 81 %, así mismo una mortandad de 29 %, causada por “damping off”, el peso de las plantulas en promedio llegó a los 15.5 gramos, con una humedad de 89.6 %, el área foliar en promedio fue de 1.12 kg/m², concluye que el sistema hidropónico con baja mortandad de plantas, además afirma que la albahaca producido en sistema hidropónico presenta alto valor de mercadeo o comercialización por la alta calidad, por ser una producción intensiva es una alternativa para las familias, para mejorar sus ingresos.

Carrasco *et al.* (2007) en la investigación “Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT”, se usó el sistema Nutrient Film Technique NFT en condiciones de Talca Chile. Se empleó el diseño de Bloques

completos al Azar, se probaron conductividades eléctricas crecientes 1.5, 3.0 y 4.5 dS/m. Los resultados muestran que con conductividad de la solución nutritiva de 1.5 dS/m se logró la mayor cantidad de materia fresca foliar con 110 g/planta, así mismo, a la misma conductividad se logra la mayor materia fresca radicular de 29 g/planta, también se logra duplicar el contenido de aceites (0.4 ml/m^2) con la misma CE, por lo que concluyen que en la producción de albahaca en el sistema hidropónico es importante controlar la conductividad eléctrica (CE) de la solución hidropónica.

Contreras y Gómez (2008) en la investigación "Evaluación de tres variedades de albahaca y dos dosis de fertilización en producción hidropónica y en suelo", el experimento se realizó en Zamorano Honduras, se estudiaron las variedades Aromaz, Genovesa y Nufar, se evaluaron la adaptación, crecimiento, formación de biomasa y producción, para la fertilización al suelo se realizó análisis, el sistema hidropónico fue el NFT con solución estándar, para el análisis estadístico se usó parcelas divididas con arreglo factorial, los resultados reportan que no hubo diferencia en los pesos de la masa foliar ni en el área foliar en los dos sistemas instalados, el sistema de hidropónico es 11% más costoso, sin embargo, el tiempo de producción disminuyó en el sistema hidropónico por lo que se puede obtener más cosechas por año, se concluye que el sistema hidropónico es viable y presenta mayor sanidad y producción que el sistema en suelo.

Larrinaga (2014) en la investigación "Evaluación de la respuesta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cv. Nuffar al estrés salino en dos cultivos hidropónicos orgánicos" en condiciones de Baja California Sur México, estudiando el cultivo de albahaca en un sistema hidropónico con estrés salino y con medio de cultivo orgánico, se probaron cuatro soluciones con cloruro de sodio 0, 25, 50 y 100 mM, se probaron en dos sistemas uno por goteo y el otro sistema hidropónico, las soluciones salinas se aplicaron a los 15 y 45 días, se

evaluaron la tasa de crecimiento relativo TRC, tasa de asimilación neta TAN, índice de área foliar IAF y actividad fotosintética, los resultados reportan que la albahaca soporta bien la salinidad, en la mayoría de plantas se reduce el crecimiento y disminuye la producción vegetal, la tasa de asimilación neta (0.2 a 0.6 g.cm²/d) , la tasa relativa de crecimiento, el índice de área foliar (de 0.5 a 2.5 cm²/cm²) y la actividad fotosintética (2 a 6 μmol CO₂ m s) tuvieron valores normales el sistema hidropónico salobre, los autores concluyen que los antioxidantes de la albahaca bloquean los radicales libres generados por el estrés salino.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. La albahaca

A. Origen y taxonomía

Montoya (2022) manifiestan que la albahaca es una planta anual, originaria de la India y pertenece a la familia de las labiadas, el nombre científico es: *Ocimum basilicum*, que deriva de la palabra griega ókimon que significa oloroso, basilicum proviene de la palabra basilikon que significa sagrada o real.

B. Taxonomía

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Plantas con flores)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae (Labiadas)

Género: *Ocimum*

Especie: *Ocimum basilicum* (Contreras y Gonzales, 2008).

C. Descripción botánica

Delgado (2022) menciona que la albahaca es una planta medicinal y aromática, puede llegar a medir entre 30 y 50 cm, los tallos son

cuadrangulares en la parte superior y redondeados en la base. Las hojas pueden llegar a medir hasta cinco centímetros, de forma oblonga, opuestas, lanceoladas, pecioladas y de borde dentadas. Fenech (2003) manifiesta que la albahaca presenta flores agrupadas en número de seis por cada verticilo, formando una espiga, el cáliz es pentalobular, la corola puede medir hasta un centímetro, las flores pueden ser blancas o rosadas, los estambres también son blancos.

D. Requerimientos edafoclimáticos

Piñero (2022) manifiesta que la albahaca se puede cultivar en sombra o a campo abierto, sin embargo, no soporta heladas. La humedad relativa que requiere el cultivo de albahaca oscila entre 60 y 70%.

E. Manejo del cultivo

Montoya (2022) manifiesta que la albahaca se siembra de manera directa, en caso de hidroponía se realiza por trasplante, después de treinta días de almácigo, después de 24 días se realiza el corte apical, la cantidad de semillas por gramo es de setecientos, el distanciamiento de siembra es de 0.6 m entre surcos y 0.3 m entre plantas, el rendimiento medio es de ochocientos gramos por metro cuadrado y la tasa de crecimiento es de 2.5 centímetros por día, se puede cultivar hasta dos mil metros sobre el nivel del mar.

Romero (2018) este autor manifiesta que al aire libre en cultivo en suelo se logra obtener rendimientos de 10 a 15 t/ha de materia fresca y de 2,4 a 3,0 kg/ha de aceite esencial extraído de las hojas de la albahaca, los aceites esenciales determinan la calidad aromática del cultivo, la cosecha también se realiza cuando la planta empieza a florecer debido a que la mayor acumulación de aceites se da en ese momento.

Chiquito *et al.* (2018) mencionan que la albahaca completa su ciclo de vida en diferentes momentos dependiendo de la fecha de siembra, la temperatura y humedad ambiental y puede madurar entre sesenta y setenta y seis días completando todas las fases fenológicas, el mismo autor recomienda:

Selección de variedades: Elegir la variedad adecuada para tu región y propósito (culinario, ornamental, etc.) es esencial. Variedades populares incluyen albahaca dulce, albahaca morada, albahaca limón, etc.

Preparación del suelo: La albahaca prefiere suelos bien drenados, ligeramente alcalinos y ricos en materia orgánica. Preparar el suelo mediante labores de arado, nivelación y enmiendas puede mejorar su estructura y fertilidad.

Siembra o trasplante: Puedes sembrar las semillas directamente en el suelo o germinarlas en un semillero para luego trasplantar las plántulas. El trasplante generalmente es más común, ya que permite un mejor control del entorno.

Espaciado y densidad: Las plántulas de albahaca deben espaciarse a una distancia adecuada para permitir un buen desarrollo. Un espaciado de alrededor de 20-30 cm entre plantas es común.

Riego: La albahaca necesita un suministro constante de agua, pero el suelo no debe estar empapado. Riega de manera regular para mantener el nivel de humedad adecuado y evita el riego por encima de las hojas para prevenir enfermedades fúngicas.

Fertilización: La albahaca responde bien a la fertilización equilibrada. Aplica fertilizantes ricos en nitrógeno durante el crecimiento vegetativo y cambia a fuentes más equilibradas con más fósforo y potasio cuando empiece a florecer.

Control de malezas: Mantén la zona libre de malezas, ya que estas pueden competir por nutrientes y agua.

Poda: Poda regularmente las puntas de crecimiento para fomentar un crecimiento más denso y arbustivo. Esto también ayuda a prevenir la floración temprana, lo que puede afectar el sabor y la calidad de las hojas.

Control de plagas y enfermedades: Monitorea y controla plagas como pulgones, ácaros y trips, así como enfermedades fúngicas como el mildiú polvoso y el moho gris. Puedes utilizar métodos naturales o químicos según sea necesario.

Cosecha: Comienza a cosechar cuando las plantas tengan suficiente follaje para mantener su crecimiento. Corta las hojas individualmente o recoge ramilletes enteros. Evita cosechar más del tercio superior de la planta a la vez para mantener su vitalidad.

Almacenamiento: Las hojas de albahaca fresca se pueden usar inmediatamente o almacenar en el refrigerador durante unos días. También se pueden secar o congelar para uso posterior.

Rotación de cultivos: Evita plantar albahaca en el mismo lugar durante temporadas consecutivas para prevenir problemas de plagas y enfermedades.

2.2.2. Variedades de albahaca usadas en el experimento

Castro *et al.* (2022) manifiesta que las principales características de las siguientes variedades son:

- a. Albahaca Roja:** es una albahaca de hojas de color rojo a marrón con un sabor más intenso que la albahaca verde, no tolera bajas temperaturas ni calor excesivo, prefiere suelos bien drenados y ricos, tolera hasta 27 °C, los caracoles, pulgones y orugas son perjudiciales, para el control aplicar jabón potásico o aceite de neem; también son atacadas por enfermedades como

fusariosis y botrytis, el control se puede realizar con Trichoderma o fungicidas azufrados, se podría esperar obtener alrededor de 150 a 250 gramos de hojas frescas por planta durante una temporada de crecimiento..

- b. Albahaca Large Leaf:** Es una variedad de albahaca muy aromática que se destaca por tener hojas muy anchas, lisas de color verde intenso y muy ramificadas. La planta es de comportamiento anual con flores reunidas en espiga. Se desarrolla a pleno sol y requiere terreno fértil, ligero y fresco. No tolera heladas, el rendimiento de hojas frescas, podrías esperar cosechar alrededor de 200 a 400 gramos o más por planta.
- c. Albahaca Morada:** periodo germinativo 15 días, periodo vegetativo de 70 a 75 días, de crecimiento hasta 70 cm de altura, hojas hasta 5 cm de largo, se adapta a diferentes condiciones, requiere de 20 a 25 °C, se debe distanciar entre plantas a 40 cm, se debe regar al menos una vez al día, la época de siembra es todo el año, el rendimiento de hojas frescas, puedes esperar cosechar alrededor de 150 a 300 gramos.
- d. Albahaca Italiana:** periodo de germinación de 8 a 12 días, periodo vegetativo de hasta 70 días, se debe sembrar en suelos bien abonados y preparados, los riegos deben ser de acuerdo al clima, época se siembra todo el año tanto en sierra como en selva, rendimiento de hojas frescas, podrías esperar cosechar alrededor de 150 a 300 gramos o más por planta durante una temporada de crecimiento. Esto puede variar según el tamaño de las hojas y las condiciones de cultivo. Es importante tener en cuenta que estas cifras son estimaciones generales y pueden variar según la variedad específica de albahaca italiana que estés cultivando, así como las condiciones ambientales, el suelo, el riego y la fertilización. Si estás cultivando albahaca italiana a mayor escala, te recomendaría consultar con fuentes agronómicas locales o productores experimentados en tu área para

obtener datos más precisos sobre el rendimiento en tus condiciones específicas.

2.2.3. Sistema hidropónico recirculante

Beltrano y Gimenez (2015) manifiestan que el sistema hidropónico recirculante consiste en la circulación de la solución con nutrientes que va mojando las raíces de los cultivos, sin embargo, es cerrado y en constante movimiento, se debe tener en cuenta: Contenedor de cultivo, las plantas se colocan en contenedores o canales diseñados para sostener las raíces y permitir el flujo de la solución nutritiva. Bomba y tuberías, un sistema hidropónico recirculante incluye una bomba que impulsa la solución nutritiva desde un depósito o tanque de nutrientes a través de tuberías hacia los contenedores de cultivo. Riego y drenaje, la solución nutritiva se rocía, gotea o fluye constantemente sobre las raíces de las plantas en los contenedores. A medida que la solución pasa por las raíces, las plantas absorben los nutrientes que necesitan. El exceso de solución no absorbida drena de nuevo hacia el depósito a través de un sistema de drenaje. Recirculación, la solución drenada vuelve al depósito de nutrientes, donde se mezcla nuevamente con los nutrientes necesarios y se ajusta su pH si es necesario. Luego, se bombea de nuevo a los contenedores de cultivo para reiniciar el ciclo. Monitoreo y ajuste, es esencial monitorear regularmente la calidad de la solución nutritiva, incluyendo su pH y su concentración de nutrientes. Se pueden realizar ajustes según las necesidades de las plantas para mantener un entorno óptimo para el crecimiento.

López *et al.* (2016) reporta que hidroponía es una ciencia de cultivo de plantas sin hacer uso del suelo, además menciona que la palabra hidroponía proviene del griego hydro que significa agua y ponus labor, el autor también menciona que se puede cultivar en rocas, vermiculita, grava y arena que se usa

como soporte, además existió desde tiempos antiguos en los jardines de babilonia, también en jardines flotantes aztecas de México y China.

2.2.4. Solución nutritiva

Castillo *et al.* (2019) menciona que el sistema hidropónico requiere una solución nutritiva que incluya macro y micronutrientes para satisfacer los requerimientos de las plantas y completar el crecimiento y desarrollo resultado de los procesos fisiológicos, así mismo los nutrientes deben encontrarse en la solución en forma disponible y de fácil absorción por las raíces.

Cacciagioni *et al.* (2018) recomiendan mantener la solución nutritiva a una conductividad eléctrica de 1.5 a 3 dS/m, lo cual garantiza un adecuado crecimiento del cultivo hidropónico.

Birgi (2015) menciona que se debe controlar el pH de la solución nutritiva, así mismo manifiesta que el valor adecuado depende del cultivo, sin embargo, recomienda valores ligeramente ácidos, la concentración de los nutrientes varía día a día debido a la absorción y evapotranspiración de los cultivos.

Biesiada y Kús (2010) recomiendan que para una producción aceptable se debe aplicar mínimamente 150 kg de N/ha y cuando se trata de hidroponía se debe aplicar el equivalente según la unidad de superficie que se esté manejando o la cantidad de plantas que se esté produciendo. La solución hidropónica contiene una mezcla cuidadosamente equilibrada de nutrientes esenciales disueltos en agua. Estos nutrientes son vitales para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas, ya que en un sistema hidropónico las plantas no obtienen nutrientes directamente del suelo, sino de la solución en la que están sumergidas o a la que están expuestas. Los nutrientes principales que se encuentran en la solución hidropónica son:

Macronutrientes primarios:

Nitrógeno (N): Importante para el crecimiento vegetativo y la formación de hojas.

Fósforo (P): Esencial para el desarrollo de raíces, flores y frutos.

Potasio (K): Promueve la resistencia a enfermedades, la floración y la formación de frutos.

Macronutrientes secundarios:

Calcio (Ca): Importante para la estructura celular y la absorción de otros nutrientes.

Magnesio (Mg): Esencial para la fotosíntesis y la producción de clorofila.

Azufre (S): Participa en la síntesis de proteínas y en la formación de enzimas.

Micronutrientes:

Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Boro (B), Cloro (Cl): Estos nutrientes se necesitan en cantidades mucho menores, pero son igualmente esenciales para funciones específicas en las plantas.

La proporción y la concentración de estos nutrientes en la solución hidropónica deben ser adecuadamente equilibradas para garantizar un crecimiento saludable de las plantas. Además de los nutrientes, es importante controlar el pH de la solución (generalmente en el rango de 5.5 a 6.5) para asegurar que los nutrientes estén disponibles para la absorción por las raíces.

La formulación exacta de la solución nutritiva puede variar según la etapa de crecimiento de las plantas y las especies cultivadas. Los agricultores y jardineros hidropónicos a menudo utilizan mezclas preformuladas de nutrientes hidropónicos comerciales para asegurarse de que las plantas reciban los elementos esenciales en las proporciones adecuadas.

2.2.5. Solución nutritiva usada en el experimento

Hochmuth *et al.* (2003) recomienda para el cultivo de albahaca hidropónica una solución de (en mg/L) N- 150, P- 50, K- 200, Ca- 150, Mg- 80, S- 60, Fe-2.8, Cu- 0.2, Mn- 0.8, Zn- 0.3, B- 0.7, Mo- 0.05.

2.3. Definición de términos básicos

- **Hidroponía**

Es una ciencia donde el sistema radicular de las plantas recibe nutrientes esenciales disueltos en agua, exige conocimientos especializados como fisiología vegetal y química (Vega, 2020 y Antillón, 2008).

- **Albahaca**

Planta aromática y medicinal que se usa en la cocina, se cultiva en zonas abrigadas, con temperaturas mayores a 20 °C (Pounero, 2020).

- **Variedad**

Conjunto de individuos con características comunes de la especie, características que son heredables y que las diferencian de otros individuos de la misma familia o género (Fernández, 2021).

- **Rendimiento**

Cantidad de producción por unidad de área, en el caso de albahaca se reporta en gramos por m², el rendimiento de la albahaca se refiere a la cantidad de hojas frescas o producto cosechado que se obtiene de una determinada área de cultivo o número de plantas. En otras palabras, es la medida de cuánto se ha producido en términos de cantidad utilizable de albahaca a lo largo de un período de tiempo determinado. Este concepto es importante para evaluar la eficiencia y productividad de un cultivo de albahaca y puede variar según la variedad de albahaca, las prácticas de cultivo y las condiciones ambientales (Acuña, 2019).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal será significativo en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay – Lima.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Las características agronómicas de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal se modifican significativamente.
- La precocidad de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal presentará diferencia significativa.
- La variedad de albahaca con mayor producción en el sistema hidropónico recirculante piramidal será la Italiana.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente

El efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal.

Variable dependiente

Producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*).

Variable interviniente:

Condiciones ambientales de Manchay – Lima.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 2
Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Unidad de medida
<p>Variable independiente El efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal.</p> <p>Variable dependiente Producción de cuatro variedades de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>).</p>	<p>Sistema hidropónico recirculante es un método de cultivo sin suelo en el cual las plantas crecen en una solución nutritiva, en lugar de tierra, y esta solución se recircula y reutiliza en el sistema.</p> <p>La producción de albahaca se refiere al proceso de cultivar y cosechar albahaca, una hierba aromática ampliamente utilizada en la cocina, la medicina tradicional y la industria de fragancias.</p>	<p>1. Características agronómicas</p> <p>a. Porcentaje de mortandad</p> <p>b. Altura de planta a la cosecha</p> <p>c. Número de hojas por planta</p> <p>d. Área foliar</p> <p>e. Registro de insectos plagas y enfermedades</p> <p>2. Precocidad</p> <p>a. Precocidad, días a inicio de floración</p> <p>3. Producción</p> <p>a. Peso fresco radicular</p> <p>b. Peso fresco de biomasa aérea</p> <p>c. Contenido de aceite</p>	<p>%</p> <p>cm</p> <p>n°</p> <p>cm²</p> <p>n°</p> <p>n°</p> <p>g</p> <p>g</p> <p>ml/100g</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es tipo cuantitativo, aplicada y experimental, debido a que para la ejecución se usaron diferentes instrumentos para observar el efecto del sistema hidropónico recirculante en cuatro variedades de albahaca, así mismo utiliza conocimientos previos.

3.2. Nivel de investigación

En la presente investigación se trabajó a un nivel descriptivo y explicativo de cómo influye el sistema hidropónico recirculante en cuatro variedades de albahaca.

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método científico con observaciones, registros y análisis de datos.

3.3.1. Conducción del experimento

- a. Almacigo:** Se instaló el almacigo para las cuatro variedades en estudio, se realizó en arena lavada.
- b. Trasplante:** Cuando las plantas se encontraron listas para el trasplante al sistema hidropónico, los tallitos se envolvieron en

espuma de 5 cm de lado y de espesor de 2 cm, se rodeó el cuello de la planta y se ancló al sistema.

- c. Instalación de sistema hidropónico:** El sistema hidropónico recirculante piramidal estuvo formado por tubos de pvc con agujeros de 5 cm de diámetro, distanciados a 20 cm, sujetos por estructuras de fierro, para cada variedad se preparó una pirámide que contuvo 250 plantas, además contó con un tanque de capacidad de 50 litros (en las fotos se ven 2 tanques y serian tanques de 500 litros), con la solución hidropónica, una bomba, de capacidad de 0.5 HP y un timer (temporizador), tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 1

Esquema del sistema hidropónico piramidal



El sistema usó la solución A (5 L/1000 L H₂O) y B (2 L/1000 L H₂O), formulada por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Se monitoreó el pH (6.0 – 6.5) y la conductividad eléctrica (menor 10 dS/cm) del agua usada para el desarrollo óptimo de las plantas.

Cosecha: Empezó 65 días después del trasplante y se realizó escalonadamente según iban madurando las variedades.

Análisis documental: Se obtuvo información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del SENAMHI Naña a fin de analizar los datos climatológicos (ver tabla 5).

3.4. Diseño de investigación

Por la naturaleza de la investigación se aplicó el Diseño Completos al Azar (DCA) haciendo un total de 4 tratamientos y 250 plantas por cada tratamiento.

3.4.1. Características del experimento

a. Del campo experimental

- Largo: 20 m
- Ancho: 14 m
- Área total: 280 m²
- Área experimental: 240 m²
- Área de caminos: 40 m²
- Número de plantas /tratamiento: 250
- Número total de plantas del exp.: 1000

Figura 2

Croquis del campo experimental

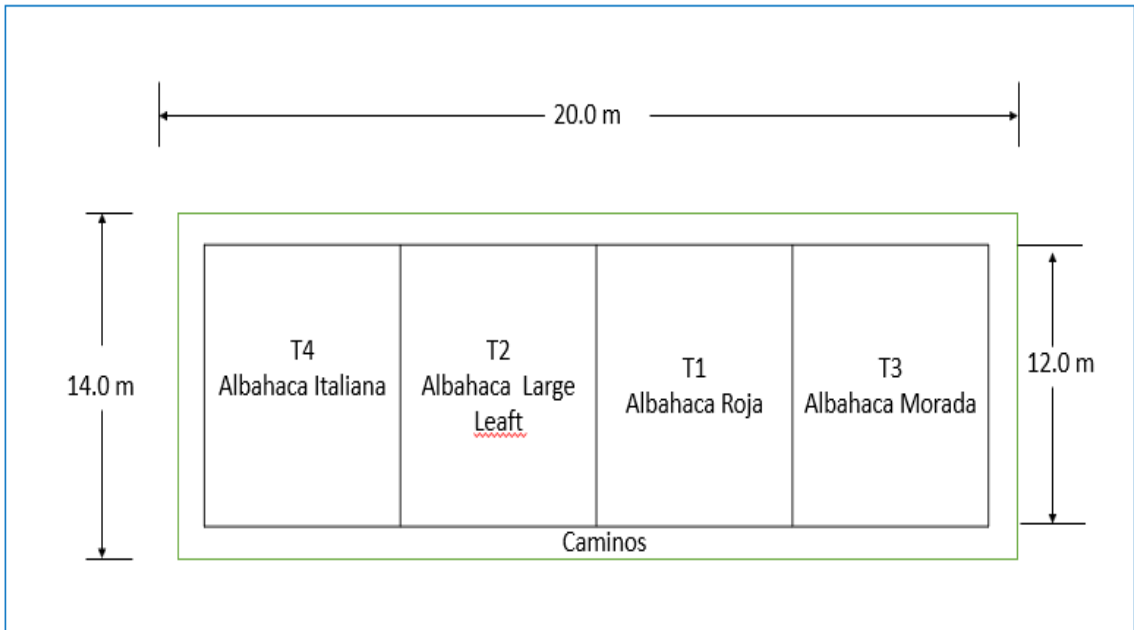
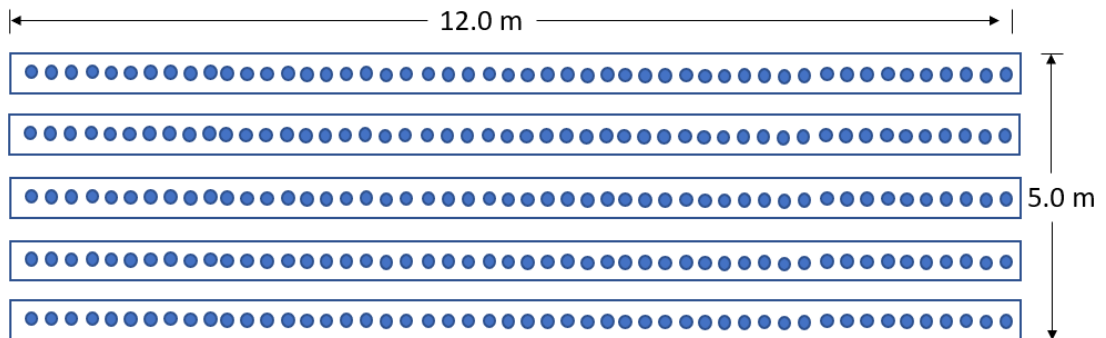


Figura 3

Detalles de un tratamiento (vista de planta).



3.5. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por 250 plantas de cada variedad haciendo un total de 1000 plantas.

Muestra

La muestra fue de 10 plantas por tratamiento de cada variedad.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental
- Se realizó el análisis foliar de albahaca para analizar el contenido de aceites esenciales.

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

Se usó el sistema internacional de unidades, para la evaluación de cada indicador como: de proporción (% visual), metro, conteo, balanza electrónica, vernier, según lo descrito en la operacionalización de variables.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las evaluaciones se realizaron a partir de la fecha de instalación del experimento, noviembre del 2022 la frecuencia fue cada 15 días después. Se evaluó 10 plantas por cada tratamiento, se evaluaron las siguientes variables:

a. Porcentaje de mortandad (%)

Se evaluó contando las plantas prendida a los 5 días después de la instalación en el sistema hidropónico, la que se empleó la fórmula:

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

b. Altura de planta a la cosecha

Se midió la altura de planta de cada variedad y se realizó a la cosecha, esta evaluación se realizó con un flexómetro.

c. Número de hojas por planta

Se contabilizó las hojas por planta de cada variedad en estudio, esta evaluación se realizó a la cosecha.

d. Área foliar

Se pesó un cm² de hoja y se calculó el área total en base al peso total, se utilizó una regla de tres simple, esta evaluación se realizó con una balanza de precisión.

e. Precocidad, días al inicio de floración (cosecha)

Se contó los días desde la siembra del almácigo hasta la cosecha, según iban madurando los tratamientos, es decir cuando las variedades alcanzaron el 50% de inicio de floración.

f. Peso fresco por planta

Se pesó las plantas en fresco, para la evaluación se usó una balanza de precisión con dos decimales. La evaluación se realizó a la cosecha.

g. Peso fresco radicular

Se pesó las raíces en fresco, para la evaluación se usó una balanza de precisión con dos decimales.

h. Contenido de aceite

Se determinó el contenido de aceite por cada variedad, para lo cual se envió 250 gramos de muestra al laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las muestras fueron enviadas en bolsas de papel debidamente rotuladas, según las recomendaciones del laboratorio.

i. Registro de insectos plagas y enfermedades

Se registró las plagas y enfermedades presentes en todo el periodo vegetativo del cultivo de albahaca y se tomó medidas correctivas oportunamente según las evaluaciones. Para lo cual se usó fichas de evaluación.

3.9. Tratamiento Estadístico

Tabla 3

Tratamientos en estudio de albahaca

Tratamientos	Variedades
T1	Albahaca Roja
T2	Albahaca Large Leaf
T3	Albahaca Morada
T4	Albahaca Italiana

Después de las evaluaciones se realizó los respectivos análisis de varianza y para la comparación de los promedios se utilizó la prueba de Tukey, se usó el paquete estadístico Infostat, mediante el siguiente modelo general lineal.

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la unidad experimental.

u = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

Además, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

Esquema del análisis de varianza:

Tabla 4

Análisis de varianza para un DCA

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Tratamientos	t-1	$\frac{\sum_i^n X_i^2}{r} - T.C.$	$\frac{SC_{Tratam}}{G.L_{Tratam}}$	$\frac{C.M_{Tratam}}{C.M_{Error}}$
Error Experimental	(r-1) (t-1)	$SC_{Total} - SC_{Trat.} - SC_{Bloq.}$	$\frac{SC_{Error}}{G.L_{Error}}$	
Total	r t - 1	$\sum_{ij}^n X_{ij}^2 - T.C.$		

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Autoría: Se puede precisar con claridad que los tesisistas PALACIOS CAMPOS Gina Elizabeth y VALDEZ VERASTIGUE Angelo Rafael son los autores del presente trabajo de investigación.

Originalidad: Las citas y textos que se mencionan en el presente trabajo de investigación han sido tomados en cuenta los autores y citados en la bibliografía sin alterar su contenido.

Reconocimiento de fuentes: Las fuentes de los diferentes autores fueron citadas en la bibliografía sin alterar su contenido, según el formato APA 7ma edición.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas

La presente investigación se realizó en condiciones de campo y se localizó en:

Provincia y Región: Lima

Distrito: Pachacamac

Lugar: Manchay

Altitud: 730 m.s.n.m

Latitud Sur: 12°08'42"S

Longitud Oeste: 76°52'15" W

La hidroponía puede adaptarse a una amplia gama de condiciones geográficas, siempre y cuando se tomen en cuenta factores como el acceso al agua, el clima, la luz solar, la topografía, el espacio disponible y la disponibilidad de suministros. Con el cuidado adecuado y la planificación adecuada, la hidroponía puede ser una opción viable en diferentes entornos geográficos.

4.1.2. Datos meteorológicos

Tabla 5

Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación

Meses	Temperatura promedio °C	HR %	Precipitación total mensual (mm)
Noviembre 2022	21,1	77,4	0,0
Diciembre 2022	23,5	66,9	0,0
Enero 2023	25,0	55,8	0,0
Total, de precipitación en toda la campaña			0,0

Fuente: Estaciones meteorológica SENAMHI- Naña

• Interpretación de los datos meteorológicos

De acuerdo a los datos meteorológicos durante la campaña de producción del cultivo de albahaca hidropónica se reportó temperaturas mínimas en el mes de noviembre del 2022 con 21.1 °C y temperaturas máximas en el mes de enero del 2023 con 25 °C, la precipitación total durante el desarrollo del cultivo de albahaca fue de 0.0 mm, por lo que el sistema hidropónico se programó la recirculación cada hora.

Si bien la hidroponía permite cultivar plantas en cualquier clima, es necesario controlar las condiciones ambientales para asegurar un crecimiento óptimo. En áreas con climas extremadamente fríos o calurosos, se requerirá un sistema de control de temperatura para mantener las condiciones ideales para el crecimiento de las plantas.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Características agronómicas

a. Porcentaje de mortandad al trasplante (%)

Los datos de la evaluación de porcentaje de mortandad al trasplante de plantas de albahaca de las 4 variedades estudiadas muestran que se adaptaron al sistema hidropónico recirculante ya que no hubo

mortandad (0%) y eso se debe a que las plantas obtenidas del almácigo fueron de calidad y con buena sanidad.

b. Altura de planta a la cosecha (cm)

Tabla 6

Análisis de varianza para la altura de planta a la cosecha

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Trat.	3	3113.68	1037.89	58.45	2.86	*
Error	36	639.30	17.76			
Total	39	3752.98				

CV: 10.33 %

En la tabla 6 se presenta el análisis de varianza para altura de planta a la cosecha donde se puede apreciar que para la fuente de variación tratamientos existe diferencia estadística, esto se debe a las características propias de cada variedad, así mismo, se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 10,33 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970), por lo que podemos afirmar que los datos fueron tomados de una manera correcta.

Tabla 7

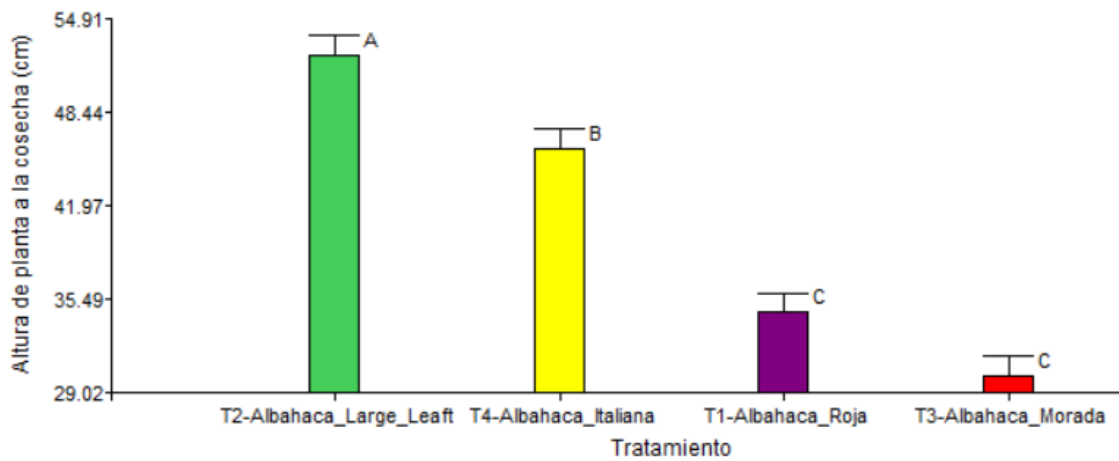
Prueba de Tukey para la altura de planta a la cosecha (cm)

OM	Trat.	Variedad	Promedio (cm)	Sig. $\alpha=0,05$
1	T2	Albahaca Large Leaf	52.40	a
2	T4	Albahaca Italiana	45.90	b
3	T1	Albahaca Roja	34.60	c
4	T3	Albahaca Morada	30.20	c

La prueba de Tukey para altura de planta a la cosecha muestra que la albahaca variedad Large Leaf se adapta mejor al sistema hidropónico recirculante y estadísticamente supera a los demás tratamientos con 52.4 cm de altura de planta, las variedades Roja y Morada mostraron menor altura de planta con 34.6 y 30.2 cm respectivamente.

Figura 4

Altura de planta a la cosecha en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (cm)



La figura 4 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en la altura de planta de 4 variedades de albahaca.

c. Número de hojas por planta (n°)

Tabla 8

Análisis de varianza para número de hojas por planta (n°)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0.05
Trat.	3	10777.70	3592.57	130.45	2.86	*
Error	36	991.40	27.54			
Total	39	11769.10				

CV: 7.91 %

Según la tabla 8 del análisis de varianza para número de hojas por planta muestra que entre tratamientos existe diferencia estadística, así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 7.91 %, por lo que los datos son homogéneos (Calzada, 1970).

Tabla 9

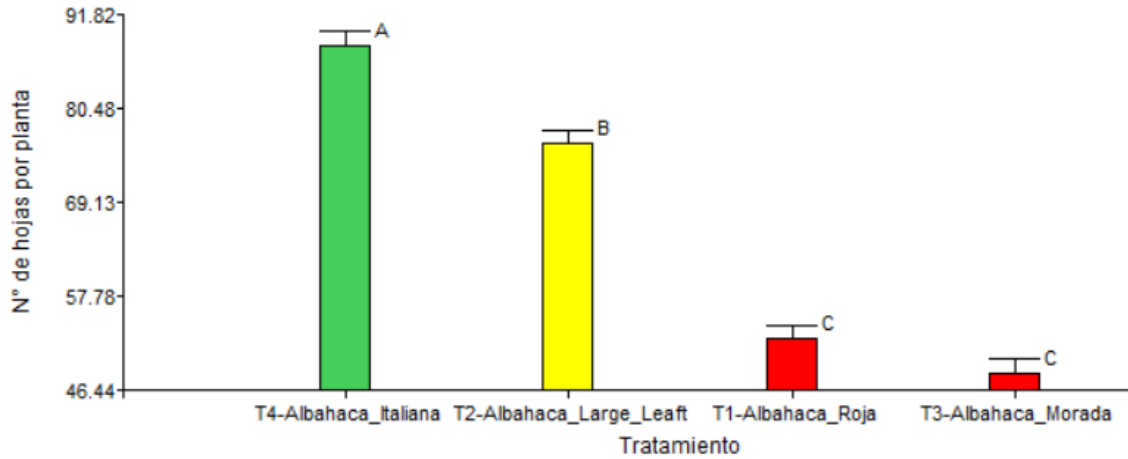
Prueba de Tukey para número de hojas por planta (n°)

OM	Trat.	Variedad	Promedio (n°)	Sig. $\alpha=0,05$
1	T4	Albahaca Italiana	88.10	a
2	T2	Albahaca Large Leaf	76.20	b
3	T1	Albahaca Roja	52.60	c
4	T3	Albahaca Morada	48.50	c

La prueba de Tukey para el número de hojas por planta muestra que la variedad de albahaca Italiana logró formar mayor número de hojas con 88.1 hojas por planta y supera estadísticamente a las demás variedades, la albahaca Roja y Morada formaron menor número de hojas con 52.6 y 48.5 hojas por planta respectivamente y sin presentar diferencia estadística entre ellos (c).

Figura 5

Número de hojas por planta en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (n°)



La figura 5 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en el número de hojas por planta de 4 variedades de albahaca.

d. Área foliar (cm²)

Tabla 10

Análisis de varianza para área foliar (cm²)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
Trat.	3	3053.68	1017.89	3.63	2.86	*
Error	36	10105.10	280.70			
Total	39	13158.78				

CV: 21.5 %

En la tabla 10 de análisis de varianza para área foliar por planta muestra que existe diferencia estadística para la fuente de variación tratamientos. Así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 21.5 % lo cual indica que los datos son homogéneos.

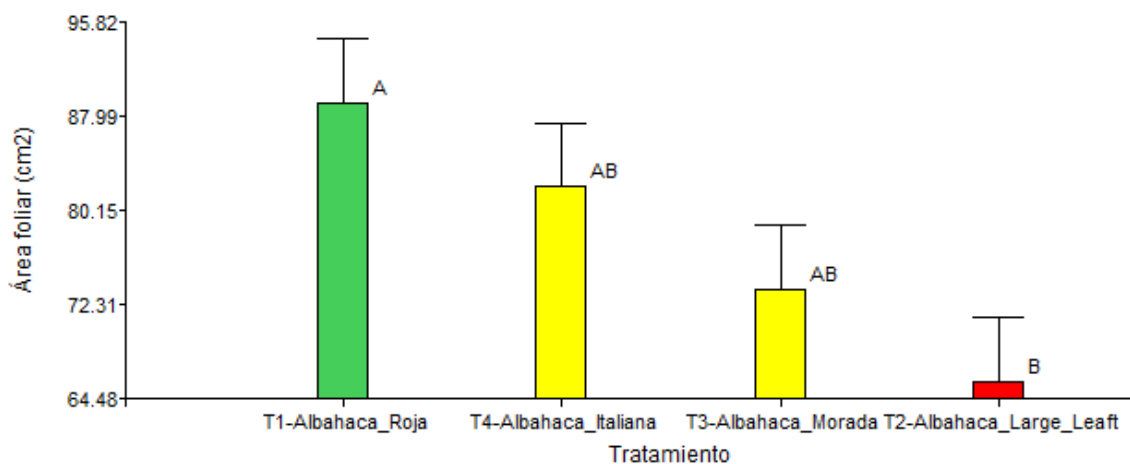
Tabla 11Prueba de Tukey para área foliar (cm²)

OM	Trat.	Variedad	Promedio (cm ²)	Sig. α=0,05
1	T1	Albahaca Roja	89.10	a
2	T4	Albahaca Italiana	82.10	a b
3	T3	Albahaca Morada	73.60	a b
4	T2	Albahaca Large Leaf	65.90	b

La prueba de Tukey para el área foliar muestra que, entre las variedades Roja, Italiana y Morada no existe diferencia estadística con 89.10, 82.10 y 73.60 cm² respectivamente (a), así mismo, entre las variedades Italiana, Morada y Large Leaf no existe diferencia estadística con 82.10, 73.60 y 65.90 cm² (b).

Figura 6

Área foliar por planta en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (cm²)

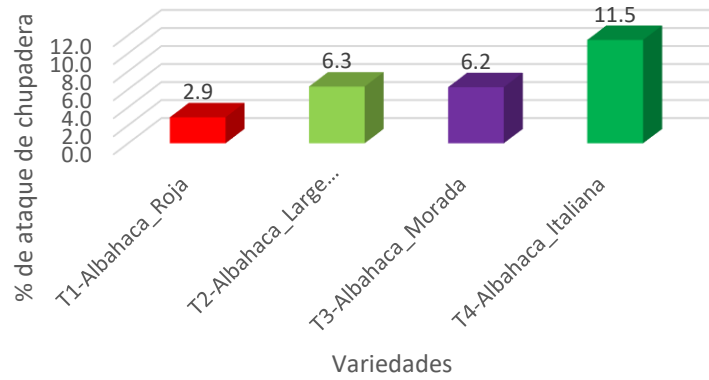


La figura 6 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en el área foliar por planta de 4 variedades de albahaca.

e. Registro de insectos plagas y enfermedades

Figura 7

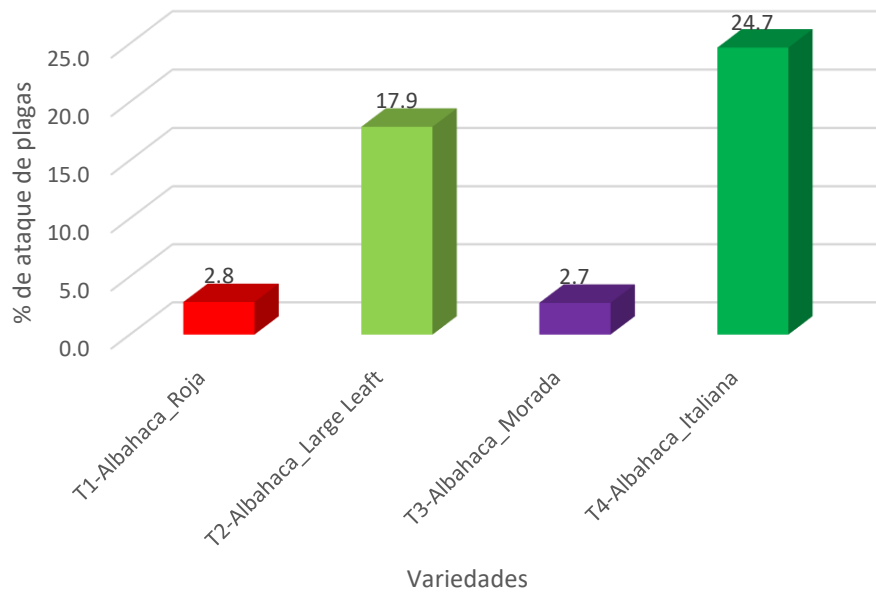
Ataque de chupadera en cuatro variedades de albahaca en almácigo (%)



La figura 7 muestra el ataque de chupadera en cuatro variedades de albahaca en condiciones de almácigo y se observa que la variedad Italiana presenta mayor susceptibilidad de 11.5 %, sin embargo, las cuatro variedades son propensas al ataque de chupadera, para el control se usó *Trichoderma harzianum* 40 g/2 LH₂O.

Figura 8

Ataque de plagas en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (%)



La figura 8 muestra el ataque de plagas en cuatro variedades de albahaca en condiciones de sistema hidropónico recirculante piramidal, donde se aprecia que la variedad Italiana es la más susceptible a ataque de plagas con 24.7 % de incidencia de ataque, la variedad más tolerante al ataque de plagas es la Morada que tuvo un porcentaje de ataque de 2.7 %, en todo el sistema se instaló trampas amarillas (observar la sección anexos) y se usó *Bacillus thuringiensis* 70 g/20 LH₂O.

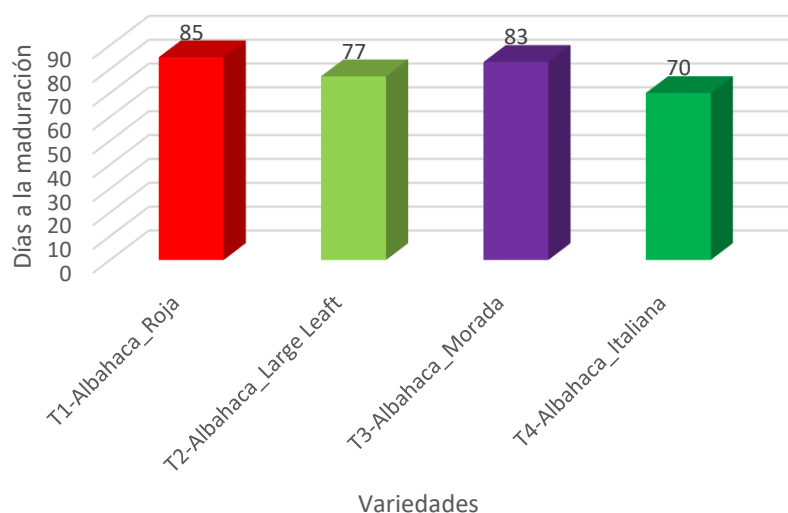
El control de plagas y enfermedades en el cultivo de albahaca es fundamental para garantizar la salud de las plantas, la calidad de los productos cosechados y la sostenibilidad a largo plazo de la producción agrícola.

4.2.2. Precocidad

a. Precocidad, días a inicio de floración (n°)

Figura 9

Días a la maduración en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante



La figura 9 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en la precocidad de 4 variedades de albahaca, se observa que la variedad más precoz es la variedad Italiana que maduró a los 70 días, seguido por la variedad Large leaf 77 días y las variedades más tardías fueron Rojo y Morado con 85 y 83 días respectivamente.

4.2.3. Producción

a. Peso fresco radicular (g)

Tabla 12

Análisis de varianza para peso fresco radicular (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
Trat.	3	23303.70	7767.90	62.60	2.86	*
Error	36	4467.40	124.09			
Total	39	27771.10				

CV: 21.78 %

En la tabla 12 de análisis de varianza para peso fresco radicular, muestra que existe diferencia estadística para la fuente de variación tratamientos. De igual forma se observa que el coeficiente de variabilidad es de 21,78 % lo cual es aceptable para este tipo de ensayos en campo.

Tabla 13

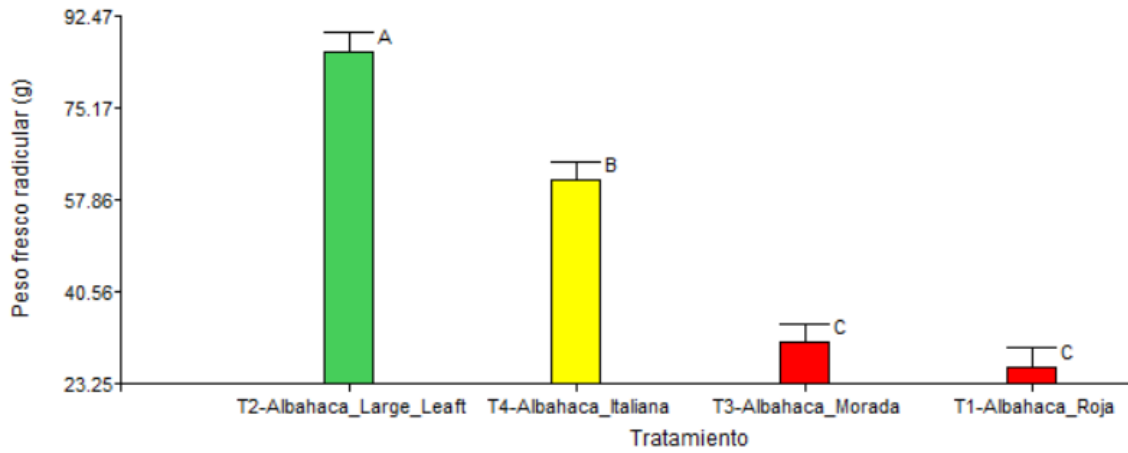
Prueba de Tukey para peso fresco radicular (g)

OM	Trat.	Variedad	Promedio (g)	Sig. $\alpha=0,05$
1	T2	Albahaca Large Leaf	85.80	a
2	T4	Albahaca Italiana	61.50	b
3	T3	Albahaca Morada	30.90	c
4	T1	Albahaca Roja	26.40	c

La prueba de Tukey para peso fresco radicular muestra que la variedad Large Leaf alcanzó el mayor peso radicular con 85.80 g (a), superando estadísticamente a los demás tratamientos, así mismo se observa que las variedades Morada y Roja lograron menor peso con 30.90 y 26.40 g respectivamente y entre ellas no existe diferencia estadística (c).

Figura 10

Peso fresco radicular en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante (g)



La figura 10 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en el peso fresco radicular por planta de 4 variedades de albahaca.

b. Peso fresco de la biomasa aérea por planta (g)

Tabla 14

Análisis de varianza para peso de la biomasa aérea por planta (g)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig.
						0,05
Trat.	3	48090.00	16030.00	123.74	2.86	*
Error	36	4663.60	129.54			
Total	39	52753.60				

CV: 12.52 %

En la tabla 14 del análisis de varianza para peso de la biomasa aérea por planta muestra que existe diferencia estadística para la fuente de variación tratamientos. Así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 12,52 % lo cual es aceptable para este tipo de ensayos en campo.

Tabla 15

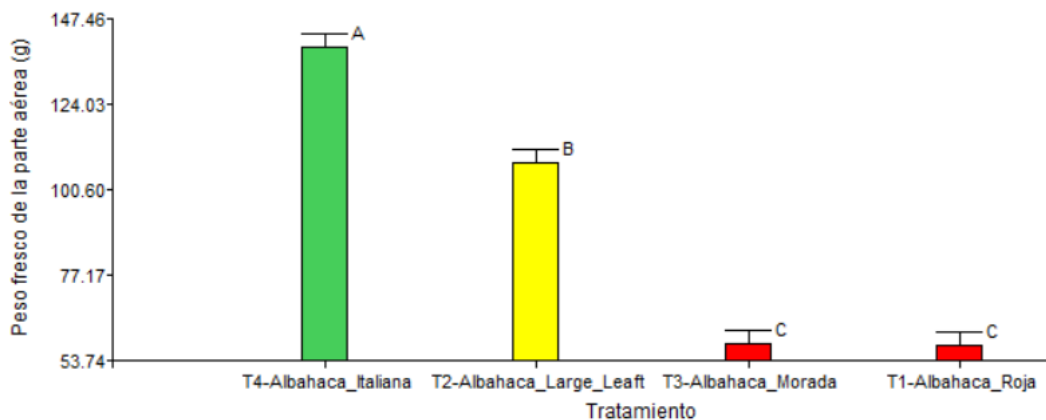
Prueba de Tukey para peso de la biomasa aérea por planta (g)

OM	Trat.	Variedad	Promedio (g)	Sig. $\alpha=0,05$
1	T4	Albahaca Italiana	139.60	a
2	T2	Albahaca Large Leaft	107.80	b
3	T3	Albahaca Morada	58.20	c
4	T1	Albahaca Roja	58.00	c

La prueba de Tukey para peso de biomasa aérea por planta muestra que la variedad Italiana alcanzó mayor peso con 139.60 g y supera estadísticamente a las demás variedades (a), la variedad Morada y Roja presentan los menores peso de 58.2 y 58.0 gramos respectivamente, sin existir diferencia entre ellos.

Figura 11

Peso fresco de biomasa aérea en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante

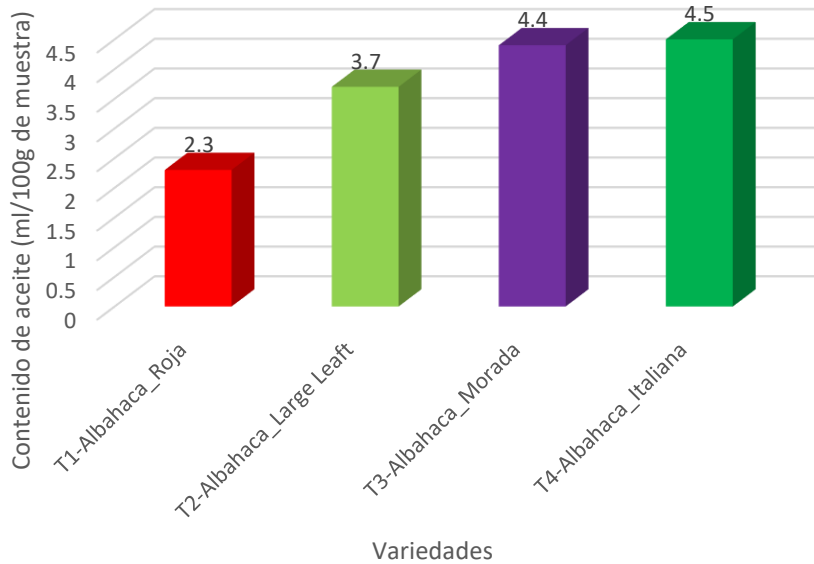


La figura 11 muestra el efecto del sistema hidropónico recirculante en el peso fresco de biomasa aérea por planta en 4 variedades de albahaca.

c. Contenido de aceite (ml/100 g de muestra)

Figura 12

Contenido de aceite en cuatro variedades de albahaca en hidroponía recirculante piramidal (ml/100 g de muestra)



La figura 12 muestra el contenido de aceite en cuatro variedades de albahaca donde se aprecia que la variedad Italiana presenta el mayor contenido con 4.5 ml/100 g de muestra, seguido por la variedad Morada, Large leaf y finalmente la variedad Roja con 2.3 ml/100 g de muestra.

4.3. Prueba de Hipótesis

Se cumple la hipótesis general planteada, porque el efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal es significativo en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) en condiciones de Manchay – Lima, esta hipótesis es validada con el análisis de varianza y con la respectiva prueba estadística de Tukey, descritas anteriormente.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Características agronómicas

a. Porcentaje de mortandad al trasplante (%)

En el experimento no se presentó mortandad de plantas en el sistema hidropónico recirculante piramidal ya que las plantas fueron seleccionadas del almácigo y se escogió las más vigorosas, esto concuerda con lo reportado por Birgi (2015) que recomienda usar sustrato inerte en la producción de almácigo hidropónico de albahaca para lograr plantas sanas y vigorosas.

b. Altura de planta a la cosecha (cm)

En la presente tesis la variedad Large leaf alcanzó una altura de planta de 52.40 cm y la que alcanzó menor altura fue la variedad Morada con 30.20 cm, estos datos son superiores a lo reportado por Carrasco et al (2007) que reportan alturas máximas de 38.63 cm, esto se debe a que las variedades estudiadas son híbridos mejorados que se adaptan fácilmente a los sistemas hidropónicos recirculantes. Ronzón et al (2012) en condiciones de México logró 45 cm de altura de planta de albahaca en sistema hidropónico. Mamani (2021) reporta una altura de 18 cm en condiciones de Bolivia a 3800 msnm. Quenta (2020) en condiciones de La Paz Bolivia logró una altura de 28, 4 cm en el sistema hidropónico NFT.

c. Número de hojas por planta (n°)

En la presente investigación la variedad Italiana logró formar hasta 88.10 hojas por planta y el menor número de hojas formó la variedad Albahaca Morada con 48.50 hojas por planta, estos datos se aproxima con lo reportado por Ronzón que logró 50 hojas por planta en el cultivo de albahaca en el sistema hidropónico, sin embargo Carrasco *et al.* (2007) reporta hasta 165.6 hojas por planta, esta

diferencia se debe al tamaño de la hoja cuanto más grande son las hojas el número disminuye y cuanto más pequeñas el número de hojas se incrementa. Mamani (2021) reporta un número de hojas de 30 pero en sistema de raíz flotante en la variedad Sucre.

d. Área foliar (cm²)

En la presente investigación se logró un área de foliar de 89.10 cm² en la albahaca variedad Roja y la menor área foliar lo presentó la variedad Large Leaf con 65.90 cm² estos resultados son superiores a lo reportado por Birgi (2015) que reporta resultados de 63 cm², esto se debe a que las variedades estudiadas son híbridos de alto rendimiento y respondieron bien al cultivo en el sistema hidropónico recirculante piramidal. Contreras y Gonzales (2008) reportan área foliar de 90.4 cm², en condiciones de Honduras, lo cual es superior a lo reportado en la presente investigación.

e. Registro de insectos plagas y enfermedades

En la fase de almácigo se presentó la chupadera llegando hasta 11.5 % de incidencia y según Birgi (2015) las es común la infección por chupadera en almácigo de hidropónico y recomienda el uso de hongos antagónicos como *Trichoderma harzianum.*, también recomienda seguir usando estos hongos después de la instalación en el sistema hidropónico recirculante.

En cuanto a plagas la variedad Italiana es más susceptible con 24 % de incidencia y Cruz (2023) manifiesta que la albahaca puede ser usado como insecticida, sin embargo, en la investigación se presentaron plagas como mosca blanca, larvas de lepidópteros, diabrotica por lo que se usó *Bacillus thuringiensis* lo cual concuerda con lo mencionado con Hochmuth *et al* (2003).

4.4.2. Precocidad

a. Precocidad, días a inicio de floración (n°)

En el experimento se encontró que la albahaca Italiana logra su madurez a los 70 días y fue la más precoz, comparada con la variedad roja que maduró a los 85 días, el reporte se aproxima a lo encontrado por Barrozo y Jerez (2002) que lograron una precocidad de 75 días. Birgi (2015) reporta 65 días de periodo vegetativo.

4.4.3. Producción

a. Peso fresco radicular (g)

En la presente investigación la variedad Large leaf logró 85.80 gramos de peso fresco radicular y la variedad Roja logró un peso de 26.40 gramos, sin embargo, Carrasco *et al.* (2007) logró un peso máximo de 29.13 gramos y esto se debe a que las variedades estudiadas son híbridos de alto potencial genético y responden bien a los sistemas hidropónicos recirculantes.

b. Peso fresco de la biomasa aérea por planta (g)

En la presente investigación la variedad Italiana logró mayor peso de la biomasa aérea con 139.60 gramos ya que responde bien al Sistema hidropónico recirculante piramidal, los datos son superiores a lo reportado por Arteaga (2022) que logró peso fresco de 58.5 gramos y según Biesiada y Kus (2010) para que la albahaca alcance un adecuado peso es necesario de un buen balance nutricional lo cual se logra en el sistema hidropónico. Mamani (2021) reporta peso de 9 g pero en condiciones de Bolivia a 3800 msnm y con la variedad Sucre.

c. Contenido de aceite (%)

En la investigación la variedad Italiana formó 0.45 ml/100 g de muestra de aceite y la variedad Roja formó 0.23 ml/100 g de muestra, así mismo Carrasco *et al.* (2007) reporta contenidos máximos de 0.35 ml/100 g de muestra, esto se debe a las características propias de cada variedad.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. El efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) fue significativo en condiciones de Manchay - Lima.
2. Las características agronómicas de cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal fueron significativas, la mayor altura de planta a la cosecha (cm) la obtuvo la variedad Large leaf que alcanzó 52.40 cm, la variedad Italiana presenta el mayor número de hojas por planta con 88.10 hojas, la mayor área foliar lo logró la variedad Roja con 89.10 cm².
3. La mejor precocidad de las cuatro variedades de albahaca en el sistema hidropónico recirculante piramidal, lo alcanzó la variedad Italiana con 70 días y fue la más precoz
4. La variedad de albahaca con mayor producción en el sistema hidropónico recirculante piramidal según peso fresco radicular fue la variedad Large leaf que logró 85.80 gramos en cuanto a peso fresco de la biomasa aérea por planta la variedad Italiana logró 139.60 gramos, el mayor contenido de aceite lo obtuvo la variedad Italiana que formó 0.45 ml/100 g de muestra. En cuanto a plagas y enfermedades en la fase de almácigo se presentó la chupadera llegando hasta 11.5 % y después de haber instalado en el sistema hidropónico la variedad Italiana es fue la más susceptible con 24 % de incidencia.

RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos se recomiendan las cuatro variedades sin embargo la variedad Italiana presenta el mejor desempeño.
2. Realizar mayores ensayos en diferentes condiciones, promover la siembra de albahaca en hidroponía por los beneficios que presenta y por los aceites esenciales como una alternativa a cultivos tradicionales.
3. Manchay y los distritos que rodean a la ciudad de Lima presenta condiciones favorables para el cultivo de albahaca.
4. Dar a conocer a los habitantes de las ciudades para que adopten el uso de la hidroponía en la producción de hortalizas y de esa manera lograr mejores la alimentación e ingresos económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, V. W. A., & Gaibor, J. S. Q. (2019). Ética en la Producción Agrícola. Revista Caribeña De Ciencias Sociales, 2019(2019), 1-6.
- Antillón, L. A. (2008). Hidroponía. Cultivo sin tierra. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Arteaga Alcivar, A. A. (2022). Efecto de sustancias minerales altamente diluidas aplicadas al cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema hidropónico (Bachelor's thesis, Quevedo-Ecuador).
- Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Biesiada, A., & Kuś, A. (2010). The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 9(2), 3-12.
- Birgi, J. A. (2015). Producción hidropónica de hortalizas de hoja. EEA Santa Cruz, INTA.
- Cacciagioni, L. L. O., Eizmendi, J. I., & Nieva Casanova, J. E. (2018). Hydro: Hidroponía automatizada. In XXI Concurso de Trabajos Estudiantiles (EST)-JAIIO 47 (CABA, 2018).
- Calzada Benza, J. (1970). Métodos Estadísticos Para la Investigación. Editorial Jurídica. Lima-Perú, 156.
- Castillo, A., Alva Domínguez, C., P. Castro, E., Zepeda Sánchez, M. G., & Nava Barbosa, M. (2019). Hidroponía.
- Castro, L. S., Hurtado, D. A. V., Silva, A. A., Nobre, D. A. C., Silva, G. H., & Macedo, W. R. (2022). Alteraciones fisiológicas y metabólicas en variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo distintos niveles de agua del suelo. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 21(1), 94-107.
- Carrasco, G., Ramírez, P., & Vogel, H. (2007). Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. Idesia (Arica), 25(2), 59-62.

- Chiquito-Contreras, R. G., Solís-Palacios, R., Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Alejandre-Rosas, J., & Hernández-Montiel, L. G. (2018). Promoción del crecimiento de plantas de albahaca utilizando hongos micorrízicos arbusculares y una bacteria marina. *Acta universitaria*, 28(6), 68-76.
- Contreras V, A., & Gómez V, C. D. J. (2008). Evaluación de tres variedades de albahaca y dos dosis de fertilización en producción hidropónica y en suelo.
- Cruz Remache, K. M. (2023). Importancia del uso de insecticidas orgánicos a base de Albahaca *Ocimum basilicum* para el control de *Spodoptera spp.* en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* T.), en el Ecuador (Bachelor's thesis, Babahoyo).
- Delgado López, W. A. (2022). Evaluación de soluciones nutritivas en la producción de albahaca (*ocimum basilicum* L) en Guayaquil (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Agrarias).
- Fenech, L. (2008). Efectos de los ácidos húmicos en la germinación, generación de plántula y parámetros fisiotécnicos de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas.
- Farías, C., Cisternas, C., Morales, G., Muñoz, L., & Valenzuela, R. (2022). Albahaca: Composición química y sus beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición*, 49(4), 502-512.
- Fernández, F. R. (2021). La variedad vegetal ante el avance biotecnológico y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Editorial Reus.
- Hochmuth, R. C., Davis, L. L., Laughlin, W. L., & Simonne, E. H. (2003). Evaluation of organic nutrient sources in the production of greenhouse hydroponic basil. North Florida Research and Education Center-Suwannee Valley, UF/IFAS. Live Oak, FL, USA.
- Larrinaga A. J. Á. (2014). Evaluación de la respuesta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cv. Nuffar al estrés salino en dos cultivos hidropónicos orgánicos.

- Mamani Clemente, S. E. (2021). Evaluación de tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de raíz flotante en el municipio de El Alto (Doctoral dissertation).
- Minagri (2019). Datos estadísticos de los cultivos agrícolas Perú.
- Morales Huamán, A. H. (2019). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*).
- Montoya Montero, J. S. (2022). Manejo agronómico del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en el Ecuador (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2022).
- López-Anchondo, A. N., López-Ortiz, C. E., Mejía-Hernández, C. M., & López-de-la-Cruz, D. (2016). Hidroponía una alternativa sustentable para el cultivo sin suelo: características y aspectos básicos. Tópicos selectos de sustentabilidad: un reto permanente, 4, 31-54.
- Ortiz Anguizaca, C. D. (2021). Cultivo hidropónico de cebollín, culantro, lechuga, albahaca y cebolla: una forma casera de producción.
- Piñeros Martínez, N. (2022). Prospectiva en la producción y comercialización de la albahaca (*Ocimum Basilicum* L.) de forma sostenible para el departamento del Tolima al 2032 (Master's thesis, Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible-Virtual).
- Paunero, I. E. (2020). Producción invernal de albahaca en invernaderos en San Pedro, Buenos Aires. Plataformas tecnológicas y comerciales para aromáticas cultivadas, nativas y medicinales, 17.
- Quenta Carvajal, O. (2020). Evaluación de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en sistema hidropónico recirculante NFT en el municipio de Pucarani-La Paz (Doctoral dissertation).
- Rivas, K., Rivas, C., & Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Multiciencias, 15(3), 281-289.

- Romero, A. M. E. (2018). Utilización de agroinsumos en el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.).
- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., & Pérez-Rostro, C. I. (2012). Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), S63-S71.
- Saltos-Bravo, M., & Vélez-Álava, P. (2019). Caracterización físico-química, microbiológica y funcional de los extractos de la especie albahaca morada (*Ocimum Sanctum*): Artículo de investigación. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 2(4), 2-11.
- Vega Ayllón, A. (2020). Hidroponía. Cultivos sostenibles sin suelo.
- Yate-Bonilla, M. A., & Zambrano-Saya, M. Á. (2022). Prototipo lot de monitoreo y control de variables ambientales para un cultivo hidropónico de hortalizas.

ANEXO

Anexo 1. Instrumentos para recolección de datos

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

Anexo 2. Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Rocio Karim Gilian Paitan	Ingeniero Agrónomo	Docente UNDAC	Cuestionario para validación de sistema hidropónico	PALACIOS CAMPOS Gina Elizabeth VALDEZ VERASTIGUE Angelo Rafael
Título de la tesis: "Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) en condiciones de Manchay - Lima"				

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

	responde al propósito de la investigación.					
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes.						
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 81.8%						
Cerro de Pasco, 16 de agosto de 2023	44520476	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ CONSEJO DEPARTAMENTAL - PASCO  Ing. Rocio Karina PAITAN GILLAN PRESIDENTE DEL C.A.P. DE INGENIERIA AGRONÓMICA CIP N° 129766			910504096	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto			Nº Celular	

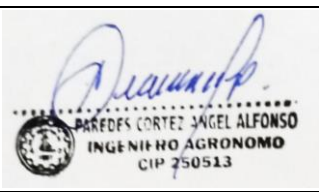
FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

V. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Paredes Cortez Angel Alfonso	Ingeniero Agrónomo	Consultor	Cuestionario para validación de sistema hidropónico	PALACIOS CAMPOS Gina Elizabeth VALDEZ VERASTIGUE Angelo Rafael
Título de la tesis: “Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) en condiciones de Manchay - Lima”				

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

	propósito de la investigación.					
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
VII. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes.						
VIII. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 81.8%						
Cerro de Pasco, 16 de agosto de 2023	42046914					917768284
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto				Nº Celular


FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

IX. DATOS INFORMATIVOS:

Apellidos y nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Nombre del Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Dante Alex Becerra Pozo	Ingeniero Agrónomo	Docente UNDAC	Cuestionario para validación de sistema hidropónico	PALACIOS CAMPOS Gina Elizabeth VALDEZ VERASTIGUE Angelo Rafael
Título de la tesis: "Efecto del sistema hidropónico recirculante piramidal en la producción de cuatro variedades de albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>) en condiciones de Manchay - Lima "				

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

	propósito de la investigación.					
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
XI. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes.						
XII. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 81.8%						
Cerro de Pasco, 16 de agosto de 2023	0407426 2	 <hr/> Becerra Pozo Dante Alex INGENIERO AGRONOMO CIP:94903			930860168	
Lugar y Fecha	Nº DNI	Firma del experto			Nº Celular	

Anexo 3. Resultados de análisis de aceites en el cultivo de albahaca



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO (LASAQ)



INFORME DE ENSAYOS LASAQ N°01-2023-DQ

SOLICITANTE : Angelo Valdez Verastigue
UNDAC
PRODUCTO DECLARADO : Cultivo Albahaca 4 variedades
NÚMERO DE MUESTRAS : 04
CANTIDAD RECIBIDA : 1.0 k
MARCA : sin marca
FORMA DE PRESENTACIÓN : En bolsa de papel
MUESTREO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.
FECHA DE RECEPCIÓN : 10 de enero del 2023
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO: 13 de enero del 2023
ENSAYOS SOLICITADOS : Determinación de % grasa cruda

ENSAYO	RESULTADO			
	1 Large Lead	2 Albahaca Roja	3 Albahaca Italiana	4 Albahaca Morada
1.-Humedad (g/100g de muestra original) MH.	86.90	89.02	79.76	86.76
2.-Grasa Cruda (g/100g de muestra original) MS.	3.7	2.3	4.5	4.4

MH=Materia Húmeda MS.= MATERIA SECA

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- AOAC International official Methods of Analysis 19th Edition 2012.925.10
- 3.- AOAC International official Methods of Analysis 19th Edition 2012.922.06

Atentamente:

Mg. Sc. Diego Suarez Ramos
JEFE DEL LABORATORIO DE
ANÁLISIS QUÍMICO

Dr. Victor Caro Sánchez Benites
Director Opto. Académico de Química
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
ACADÉMICO DE QUÍMICA

Anexo 4. Datos evaluados

% de Mortandad post almacigo								
	N° plantas instaladas	N° plantas Infectadas	% de ataque de chupadera	N° plantas Muertas	fecha	hora	clima	observaciones
T1-Albahaca_Roja	242	7	2.9	0	9/12/2022	02:00	Templado	Plantines con presencia de chupadera
T2-Albahaca_Large Leaf	349	22	6.3	0	9/12/2022	03:00	Templado	Plantines con presencia de chupadera
T3-Albahaca_Morada	369	23	6.2	0	9/12/2022	04:00	Templado	Plantines con presencia de chupadera
T4-Albahaca_Italiana	331	38	11.5	0	9/12/2022	05:00	Templado	Plantines con presencia de chupadera

% de Mortandad en el sistema piramidal								
	N° plantas instaladas	Plantas Infectadas	% de ataque de plagas	N° plantas Muertas	fecha	hora	clima	observaciones
T1-Albahaca_Roja	214	6	2.8	0	25/12/2022	09:00	soleado	Plantas atacadas por plagas
T2-Albahaca_Large Leaf	263	47	17.9	0	25/12/2022	10:00	soleado	Plantas atacadas por plagas
T3-Albahaca_Morada	256	7	2.7	0	25/12/2022	11:00	soleado	Plantas atacadas por plagas
T4-Albahaca_Italiana	219	54	24.7	0	25/12/2022	12:00	soleado	Plantas atacadas por plagas

Altura de planta a la cosecha (cm)											
	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	
T1-Albahaca_Roja	35	33	37	30	35	35	30	32	39	40	
T2-Albahaca_Large Leaf	56	41	52	57	55	54	50	48	54	57	
T3-Albahaca_Morada	25	32	26	36	30	38	29	35	27	24	
T4-Albahaca_Italiana	46	43	41	45	52	49	45	48	43	47	

N° de hojas a la cosecha (n°)											
	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	
T1-Albahaca_Roja	58	47	55	48	57	46	59	55	49	52	
T2-Albahaca_Large Leaf	80	78	71	68	72	76	82	75	79	81	
T3-Albahaca_Morada	45	53	42	58	43	52	55	48	46	43	
T4-Albahaca_Italiana	98	88	92	87	82	86	95	90	83	80	

Área foliar en cm2											
	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10	
T1-Albahaca_Roja	107	69	86	98	97	56	112	74	76	116	
T2-Albahaca_Large Leaf	67	58	69	91	64	68	57	73	54	58	
T3-Albahaca_Morada	53	68	55	98	69	71	116	63	66	77	
T4-Albahaca_Italiana	89	83	91	89	68	92	71	110	66	62	

Días a la maduración (inicio de floración)	
	N° de días a la cosecha
T1-Albahaca_Roja	85
T2-Albahaca_Large Leaf	77
T3-Albahaca_Morada	83
T4-Albahaca_Italiana	70

Peso radicular (g)										
	Raz 1	Raz 2	Raz 3	Raz 4	Raz 5	Raz 6	Raz 7	Raz 8	Raz 9	Raz 10
T1-Albahaca_Roja	21	32	22	32	22	26	44	25	12	28
T2-Albahaca_Large Leaf	112	79	70	106	78	84	95	81	74	79
T3-Albahaca_Morada	15	28	17	31	33	52	18	47	22	46
T4-Albahaca_Italiana	62	59	57	73	54	66	72	58	61	53

Peso fresco de la parte aérea (g)										
	Plt 1	Plt 2	Plt 3	Plt 4	Plt 5	Plt 6	Plt 7	Plt 8	Plt 9	Plt 10
T1-Albahaca_Roja	64	52	60	54	63	50	67	59	53	58
T2-Albahaca_Large Leaf	120	102	97	118	122	109	112	88	103	107
T3-Albahaca_Morada	48	58	44	64	52	75	81	57	53	50
T4-Albahaca_Italiana	169	153	136	125	133	152	138	143	129	118

Anexo 5. Panel fotográfico



Almácigo de albahaca para hidroponía



Aclimatando las plantas para hidroponía



Aplicando *Trichoderma harzianum* para chupadera



Instalando las plántulas en el sistema piramidal



Instalando trampas amarillas para el control de plagas



Aplicando *Bauveria basiana* para el control de plagas



Realizando las evaluaciones a la cosecha



Muestras para el envío al laboratorio de la UNALM



Plagas encontradas en las trampas amarillas



Supervisión del asesor de tesis