



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*)
bajo condiciones de invernadero, Huacho

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor

Orlando Héctor Navarro Ccerhuayo

Asesor

Dr. Roberto Hugo Tirado Malaver

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

FACULTAD DE ...INGENIERIA AGRARIA, INDUSTRIA ALIMENTARIA y AMBIENTA..

ESCUELA PROFESIONAL ... I N G E N I E R I A A G R O N M I C A

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Orlando Hector Navarro Ccerhuayo	46512772	22 DE ABRIL 2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Roberto Hugo Tirado Malaver	44565193	0000-0001-7064-3501
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas	15651224	0000-0002-5367-5285
Mg. Sc Cristina Karina Andrade Alvarado	40231658	0000-0003-2681-7863
Mg. Elvia Elizabeth Azabache Cubas	16785502	0000-0002-0027-4349

Efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo condiciones de invernadero, Huacho

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ Submitted to Universidad Peruana de Las Americas

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Apagado

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*)
bajo condiciones de invernadero, Huacho

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



.....
Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas
Presidente



.....
Mg. Sc Cristina Karina Andrade Alvarado
Secretario



.....
Mg. Elvia Elizabeth Azabache Cubas
Vocal



.....
Ph.D. Roberto Hugo Tirado Malaver
Asesor

Huacho – Perú

2024

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis con todo mi
corazón a mis padres, a mis hermanos y
demás familiares por este gran paso en
mi vida*

U..

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en especial a mi asesor, mis profesores que día a día en la universidad me enseñaron conocimientos sobre la agronomía y a que ahora es el sector donde trabajo.

Ur...

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la Investigación	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación de la Investigación.....	3
1.4.1 Justificación teórica	3
1.4.2 Justificación práctica	3
1.4.3 Justificación social	3
1.5 Delimitación del estudio	4
1.5.1 Delimitación espacial	4
1.5.2 Delimitación temporal	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes a nivel Nacional.....	7
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Generalidades del cultivo de apio	9
2.2.2 Taxonomía	9
2.2.3 Morfología	9
2.2.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	10
2.2.5 Fenología del apio	10

2.2.6	Hidroponía	11
2.2.7	Sistema de hidroponía a raíz flotante	11
2.2.8	Solución nutritiva	12
2.2.9	Biorreguladores de crecimiento	12
2.3	Definición de términos básicos	13
2.4	Hipótesis de investigación.....	14
2.4.1	Hipótesis general.....	14
2.4.2	Hipótesis específicas	14
2.5	Operacionalización de las variables.....	15
CAPITULO III. METODOLOGIA		16
3.1	Diseño metodológico	16
3.1.1	Tipo de investigación	16
3.1.2	Ubicación.....	16
3.1.3	Características del área experimental	16
3.1.4	Tratamientos	18
3.1.5	Diseño experimental.....	18
3.2	Técnicas para el procedimiento de la información	22
CAPITULO IV. RESULTADOS		23
CAPÍTULO V. DISCUSION		28
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		31
CAPITULO VII. REFERENCIAS		33
ANEXOS 1.....		37
ANEXOS 2.....		40

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	15
Tabla 2. Descripción de los tratamientos	18
Tabla 3. Prueba de análisis de varianza	18
Tabla 4. Análisis de la varianza para la altura de la planta (cm)	23
Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta	23
Tabla 6. Análisis de la varianza para el diámetro de planta (cm)	24
Tabla 7. Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de planta	24
Tabla 8. Análisis de la varianza para el número de hojas por planta(nº)	25
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas por planta (nº)	25
Tabla 10. Análisis de la varianza para el peso fresco de la planta (kg planta ⁻¹)	26
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de la planta (kg planta ⁻¹)	26
Tabla 12. Análisis de la varianza para el rendimiento total (t ha ⁻¹)	27
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total (t ha ⁻¹)	27
Tabla 14. Datos de campo para altura de planta	37
Tabla 15. Datos de campo para diámetro de planta	37
Tabla 16. Datos de campo para número de hojas	38
Tabla 17. Datos de campo para peso fresco de planta	38
Tabla 18. Datos de campo para el rendimiento	39

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del experimento	16
Figura 2. Distribución de los tratamientos en el área experimental	17
Figura 3. Manejo de apio en sistema raíz flotante	40
Figura 4. Manejo de apio en sistema raíz flotante oxigenación con compresor de aire	40
Figura 5. Manejo de apio en sistema raíz flotante tratamientos	41
Figura 6. Manejo de apio en sistema raíz flotante biorreguladores de crecimiento	42
Figura 7. Manejo de apio en sistema raíz flotante midiendo el PH, CE, TDS y T	43
Figura 8. Manejo de apio en sistema raíz flotante	43
Figura 9. Manejo de apio en sistema raíz flotante producción	44
Figura 10. Evaluación de os tratamientos	44
Figura 11. Tratamiento 2	45
Figura 12. Tratamiento 3	45
Figura 13. Tratamiento 4	46
Figura 14. Pesado de tratamientos	47

RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto de las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Metodología: La investigación se llevó a cabo en el centro poblado de Humaya en Huacho, durante los meses de julio a octubre del 2023. Se aplicó el diseño completo al azar con cuatro tratamientos: T0 (Solución hidropónica común -Testigo), T1 (Solución hidropónica común + Solución de Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹), T2 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹), T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) y tres repeticiones. Se evaluaron: altura de planta, diámetro de planta, número de hojas, peso fresco y rendimiento. Se aplicó la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias.

Resultados: Se encontraron que la altura y diámetro de planta presentaron diferencias significativas entre tratamientos mostrando al T3 (58,3cm y 6,68cm) y el T2 (56,2cm y 6,43cm) con los mayores valores, en cuanto al número de hojas el T2 (41,2hojas), T3 (41,1 hojas) y T1 (40,4 hojas). En relación a los componentes del rendimiento del apio como el peso fresco de la planta y el rendimiento se observó significancia estadística entre tratamientos mostrando al T3 (685,97 g planta⁻¹ y 68,60 t ha⁻¹) fue superior estadísticamente mayor a los demás tratamientos.

Conclusión: Las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento T3 y T2 obtuvieron efecto significativo en el comportamiento agronómico y el rendimiento de apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Palabras clave: auxinas, citoquininas, giberelinas, sistema hidropónico.

ABSTRACT

Objective: Determine the effect of applications of growth bioregulators on celery yield under the floating root hydroponic system in Huacho, Lima. **Methodology:** The research was carried out in the town of Humaya in Huacho, during the months of July to October 2023. The complete randomized design was applied with four treatments: T0 (Common hydroponic solution - Control), T1 (Solution common hydroponic solution + Auxin Solution at a dose of 1 l ha⁻¹), T2 (Common hydroponic solution + Cytokinin Solution + Auxins at a dose of 1 l ha⁻¹), T3 (Common hydroponic solution + Cytokinin Solution + Auxins + Gibberellins at a dose of 1 l ha⁻¹) and three blocks. The following were evaluated: plant height, plant diameter, number of leaves, fresh weight and yield. The Tukey test was applied at 5% for the comparison of means. **Results:** It was found that plant height and diameter presented significant differences between treatments, showing T3 (58.3cm and 6.68cm) and T2 (56.2cm and 6.43cm) with the highest values, in terms of the number of leaves T2 (41.2 sheets), T3 (41.1 sheets) and T1 (40.4 sheets). In relation to the components of celery yield such as fresh weight of the plant and yield, statistical significance was observed between treatments showing T3 (685.97 g plant⁻¹ and 68.60 t ha⁻¹) was statistically superior to the other treatments. **Conclusion:** The applications of the growth bioregulators T3 and T2 obtained a significant effect on the agronomic behavior and yield of celery under the floating root hydroponic system in Huacho, Lima.

Keywords: auxins, cytokinins, gibberellins, hydroponic system.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El apio (*Apium graveolens*) es una hortaliza altamente consumida en todo el mundo debido a sus propiedades nutricionales que incluyen alto contenido de vitaminas A y C, flavonoides, fibra, minerales y bioactivos que reducen las grasas saturadas del organismo (Rodríguez y Rojas, 2022). En el Perú el apio es una de las principales hortalizas más utilizadas en la alimentación diaria debido a su aporte nutricional que esta cuenta, debido a ello se cultiva en toda la nación (Quispe, 2022).

El rendimiento promedio del apio presenta una alta variación con respecto a las diferentes zonas agroecológicas del Perú. Esta causa se debe al problema de los productores por el mal manejo nutricional del cultivo de apio debido a que el agricultor realiza mejor manejo a los cultivos intensivos como el maíz, papa, tomate, ají y frutales (Santos, 2019). Además, el área destinada a la producción de apio es menor en comparación a los cultivos mencionados.

Asimismo, el problema del bajo rendimiento se debe al mal manejo nutricional en el apio, además del área destinada a su producción, es por ello que el presente proyecto de investigación se realizará en condiciones de invernadero a través del sistema hidropónico de raíz flotante, cabe indicar que bajo estas condiciones se logra aumentar el número de plantas por unidad de área ya que este medio le permite a la plantas de disponer de nutrientes y agua durante todo su ciclo fenológico en comparación con el de suelo donde el recurso hídrico es frecuente pero limitado y la fertilización se realiza en dos momentos e incluso algunos agricultores no aplican fertilizantes (Choez, 2019). Además, en condiciones de hidroponía no depende de las estaciones de forma estricta debido a que se puede hacer en invernaderos, siendo el sistema hidropónico una estrategia prometedora (Ramírez, 2022).

Según Stegelmeier et al (2022) las plantas presentan un crecimiento limitado debido pues a que la planta requiere de estímulos para mejorar la disposición de nutrientes y aumentar su crecimiento, siendo los biorreguladores del crecimiento la mejor opción, ya que estos son sustancias que afectan la expresión de las funciones bioquímicas o fisiológicas en los tejidos vegetales que ayudan a los agricultores en maximizar el potencial genético de las plantas. Por lo tanto, la presente investigación determinó el efecto de biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo influyen las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cómo influyen las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en las características agronómicas del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima?

¿Cómo influyen las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en los componentes del rendimiento del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

1.3.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en las características agronómicas del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Evaluar el efecto de las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento en los componentes del rendimiento del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1 Justificación teórica

La producción de apio en condiciones hidropónicas es una ventaja debido al aumento de número de plantas por unidad de área, además bajo invernadero presenta condiciones más controlables de plagas y enfermedades, según Aktsoglou et al. (2021) el sistema hidropónico de raíz flotante es el más sostenible económicamente (menores costes de producción y montaje), y genera una mayor producción durante todo el año y el uso de biorreguladores como una estrategia para aumentar el crecimiento y desarrollo de la planta lo que aumenta la importancia de este estudio con información teórica sobre el efecto de la biorreguladores del crecimiento. Además, como indican Isnainun et al. (2021) el uso de estos biorreguladores presentaran efecto sobre el rendimiento lo que permitirá reducir las soluciones nutritivas ya que estos biorreguladores enriquecerán de nutrientes mejorando el rendimiento del apio.

1.4.2 Justificación práctica

De acuerdo al aspecto práctico esta investigación es importante ya que los resultados prácticos del sistema hidropónico y el efecto de los biorreguladores de crecimiento permitirán que la planta presente una respuesta positiva en el crecimiento de la planta para aumentar el rendimiento del apio. Tal como lo respaldan Ciriello et al. (2022) quienes indican que la combinación de hidroponía y biorreguladores es una estrategia ecológica prometedora para la producción en ambiente controlado de vegetales de alta calidad.

1.4.3 Justificación social

El apio es una hortaliza de mucha importancia debido a sus propiedades, por lo que esta investigación permitirá obtener rendimientos más altos y de mejor calidad y sobre todo más sanos debido a que se llevará a cabo en condiciones de invernadero lo que se reducirá el uso de pesticidas. Con este estudio se demostrará el efecto de los biorreguladores y el manejo en un sistema hidropónico lo que se espera respuestas positivas en comparación con el apio en suelo, de esta manera los agricultores tendrán información necesaria para llevar a cabo en el sistema de la cual se obtendrán mayores rendimientos y ganancias.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

Esta investigación se realizó en el invernadero del tesista la cual está ubicada en el centro poblado de Humaya, ubicado en calle los jardines s/n; con coordenadas UTM DATUM (WGS-84) 18 L Zona Sur 237117.00 m E,8772054.00 m N a una altura de 380 msnm.

1.5.2 Delimitación temporal

La investigación inició en julio de 2023 y culminó en octubre del 2023.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Isnainun et al. (2021) en su artículo realizado en Indonesia, sobre el crecimiento y rendimiento de variedades de apio a través del sistema hidropónico a raíz flotante, para ello usaron tratamientos a base de alternativas de nutrición como la la solución de mezcla AB 900 ppm + extracto de azolla 60 60 ml L⁻¹, la solución mezcla AB 1100 ppm + extracto azolla 60 60 ml L⁻¹, la solución mezcla AB 1300 ppm + extracto azolla 60 60 ml L⁻¹ y la solución mezcla AB 1500 ppm sin extracto azolla, al realizar el experimento los resultados mostraron que la variedad Tall Utah y la concentración de nutriente de 1300 ppm + 60 ml L⁻¹ de extracto de azolla llego a presentar mayor altura y rendimiento en el apio, además, presentó mayor número de hojas con un promedio de 39,16 hojas, el peso fresco de raíz fue de 7,57 g y su peso seco con 0,73 g concluyendo que los bioestimulantes usados presentaron una mejora en el metabolismo de la planta de apio lo que provocó un mayor rendimiento y mejoras en la características agronómica, lo que permitirá reducir AB Mix (solución nutritiva) ya que este bioestimulante enriqueció de nutrientes mejorando el rendimiento del apio (p.11).

González (2020) en su tesis realizada en Ecuador sobre la productividad de la lechuga en condiciones hidropónicas a raíz flotante, a través de uso de tres bioestimulantes en un DCA con 6 tratamientos siendo el extracto de alga marina (0,3 g L⁻¹) y Oxido de silicio a 0,25 (cc L⁻¹) estos fueron mezclados con la solución nutritiva y sumado el aminoácido a dosis de 1 g L⁻¹ aplicado de forma. Los resultados que se encontraron en este estudio fue que la aplicación del aminoácido obtuvo mayor respuesta logrando obtener 26 hojas, mayor altura, el onsumo de agua se calculó y presento un total de 1,39 L/planta/ciclo y el costo de producción es de USD \$ 1,224.19 para una superficie de 1000 m² de infraestructura, al obtener un promedio de una lechuga de 134 g generadas a USD \$ 0,09, concluyendo que los bioestimulantes usados más la solución nutritiva del sistema hidropónico influyeron en el aumento del tamaño y peso de la planta.

Abello (2022) en su tesis en Colombia sobre el uso de bioestimulantes de aminoácidos y quitosano en el rendimiento del tomate en condiciones de hidroponía. Este estudio se realizó con un DCA con 4 tratamientos siendo el T1(Kaitosol 30), T2 (Tecamin Mxx) y T3 (Kaitosol 30 + Tecamin Mxx). los resultados muestran que los tratamientos presentaron diferencias significativas con el tratamiento testigo solamente en la variable altura, con las demás variables no hubo diferencias debido a la cosecha de la gran mayoría de frutos con madurez prematura afectando los valores promedios en cuanto a calibre y rendimiento. Pero al produjo más frutos en comparación del tratamiento testigo. **Conclusión:** Los bioestimulantes usados en esta investigación a base de Aminoácidos y Quitosano mejoraron en altura a comparación del tratamiento testigo. (p.11).

Lema (2018) en su tesis en Ecuador sobre el efecto de la soluciones de microalgas como bioestimulante en lechuga bajo hidroponía, para ello se evaluaron 3 soluciones microalgas en un DCA, se obtuvieron los siguientes resultados, que el bioestimulante con solución común más la solución de microalgas influyeron en las respuestas agronómicas (peso de la hoja, peso de la raíz, peso por cabeza)de la lechuga obteniendo mayor rendimiento 34% mayor que el testigo sin aplicación, además de mayor calibre superando en más de 20%, sin embargo el estudio muestra que para altura de planta no hubieron significancia, concluyendo que los bioestimulantes aplicados sobre las soluciones hidropónicas incidió en mayor peso de la planta.

Molina (2017) en su tesis realizada en Ecuador sobre el efecto de soluciones nutritivas en dos variedades de apio en hidroponía. Este estudio se realizó a través de un DCA usando variedades y soluciones nutritivas. Los resultados encontraron que la variedad de apio Mambo llego a ser la que mejor rendimiento obtuvo en comparación a la variedad Andino con promedio de 177,91 g, en cambio la solución nutritiva A, fue la obtuvo mayor rendimiento del apio con un diferencial de 241 g superando las otras soluciones nutritivas. En conclusión: El mejor comportamiento agronómico obtuvo la variedad Mambo, el mayor rendimiento y rentabilidad se alcanzó en la solución nutritiva A.

Choque (2021) en su tesis realizada en Bolivia sobre el estudio del apio en condiciones hidropónicas a raíz flotante con densidades diferentes, este estudio se realizó con un DCA con tres densidades. Los resultados mostraron que a 39,69cm el apio obtuvo mayor peso de planta llegando producir 183g y también obtuvo mayor rendimiento, concluyendo que las plantas presentaron mejor comportamiento en condiciones hidropónicas con buena densidad de plantas y esto permite que la planta se desarrolle mejor y la aplicación de bioestimulantes mejora ese comportamiento del apio.

2.1.2 Antecedentes a nivel Nacional

Sicha (2023) en su tesis sobre el uso de bioestimulantes radiculares y soluciones nutritivas en comportamiento de la lechuga en hidroponía en raíz flotante, el estudio se realizó usando el DCA a través de uso de diferentes dosis de dosis de soluciones nutritivas y dosis de bioestimulantes. Se encontró como resultados que el uso de 10 ml A con 4 ml B solución nutritiva y la aplicación de 5 ml del bioestimulante Greenzit quien reportó 124 g/planta en el peso de cogollo y el tratamiento con 5 ml A con 2 ml B solución nutritiva y la adición de 5 ml Greenzit produjo alto peso fresco raíz con 15,2 g/planta, el investigador concluyó que al aplicar bioestimulantes radiculares llegó a mejorar las características agromorfológicas de la lechuga en condición de hidroponía con la técnica de la raíz flotante señalando que la adición de los bioestimulantes más las soluciones nutritivas logran mejorar las características de la lechuga aumentando el rendimiento superando al testigo.

Ramírez (2022) en su tesis sobre el uso de bioestimulantes en el comportamiento de la lechuga en hidroponía en raíz flotante, para este estudio se utilizó los bioestimulantes Phyto Root, Más Raíz y Raíz Forte con un testigo a través de un DCA, en cuanto a los resultados el estudio encontró que Phyto Root y el Más Raíz quienes llegaron a aumentar el tamaño de la planta y la longitud de la raíz en más de 23% en comparación el testigo, en cuanto al peso fresco de las hojas y de la raíz también fue mejor con el uso de estos bioestimulantes superando estadísticamente al testigo, en cuanto al rendimiento estos bioestimulantes estadísticamente fueron significativos ya que aumentaron el rendimiento en 25% superior al testigo, concluyendo que al aplicar bioestimulante radiculares como el Phyto Root y con el uso de las soluciones nutritivas en la técnica de raíz flotante se mejoró las características agronómicas del lechuga significativamente superior al testigo siendo una respuesta positiva para nuestro estudio que utiliza la misma metodología.

Pozo (2018) en su tesis sobre el estudio de la productividad del apio a través de la hidroponía en el sistema NFT y el uso de micronanoburbujas. El estudio se realizaron con uso del NFT (Técnica de la película de nutriente) y la aplicación de micronanoburbujas que estuvo acoplado a ese sistema la cual fue investigada por un DCA, que al evaluar se encontraron con resultados que indican que el uso de micronanoburbujas llegan a reducir el ciclo vegetativo en la planta de apio con seis días de diferencia a la cosecha para el caso de producción en primavera, en cambio para la estación del verano el apio llego a ocho días de diferencia a la cosecha diferenciado con el testigo, no solo el tiempo de cosecha sino también se encontraron buenas respuestas en la altura de planta con altura de 59,3 cm superior al testigo y para el peso fresco y seco no llego a ser significativo llegando a concluir que el bioestimulante Stimulate fue el mejor estadísticamente aumentando el rendimiento más de 31% superando al testigo y no solo aumento el rendimiento del apio sino también de la lechuga.

Baca (2021) en su tesis sobre el comportamiento del apio a través de la hidroponía y la inyección de micronanoburbujas el estudio se procedió realizando la inclusión de los micronanoburbujas y el sistema NFT usando el DCA los resultados confirmaron que al aplicar micronanoburbujas en primavera reduce el ciclo vegetativo del cultivo apio en 6 días de diferencia a la cosecha en cambio para el verano el apio fue de 8 días antes con respecto al testigo, cabe resaltar que la planta de apio se comportó bien mejorando las características de esta planta ya que las micronaburbujas superó significativamente al testigo.

Inga (2020) en su artículo sobre el uso de bioestimulantes ante la respuesta agronómica de cebada como forraje verde en condiciones hidropónicas a raíz flotante, la metodología que se usó para llevar a cabo fue con uso de diferentes bioestimulantes como el uso de Quitosano con dosis de 1,5 L/200 L), aminoácidos a 0,5 L/200 L, también del uso de Ácidos húmicos a 1,5 L/200 L y el extracto de algas marinas a 0,5 L/200 L en un DCA, los resultados mostraron el al aplicar estos bioestimulantes no fueron significativos pero si fue significativo con el testigo en cuanto a la altura y otras variables de rendimiento de la planta, siendo la aplicación de las algas marinas quien fue el bioestimulantes con mayor rendimiento superior en 14,24% al testigo, concluyendo con este trabajo indicando que al aplicar el aminoácido aumenta el rendimiento en forraje pero fue más significativo en costo beneficio el uso de algas marinas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de apio

El apio es una hortaliza muy producida y consumida a nivel mundial debido a sus características alimenticias y que forma parte de la alimentación básica de los pobladores. En el Perú el apio es una de las principales hortalizas más utilizadas en la alimentación diaria debido a su aporte nutricional que esta cuenta, debido a ello se cultiva en toda la nación (Quispe, 2022). Asimismo, esta hortaliza tiene origen el Mediterráneo y en la zona del Himalaya y el Cáucaso, consumido desde la edad media (Vigliola, 1998).

2.2.2 Taxonomía

Carrera (2008) muestra la siguiente clasificación taxonómica del apio:

Reino: Plantae

División: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Familia: Umbeliferae

Género: *Apium*

Especie: *graveolens*

Nombre científico: *Apium graveolens* L.

Nombre común: Apio

2.2.3 Morfología

El apio es una planta herbácea que tiene un ciclo de 2 a 4 meses de vida, el tallo es grueso hueco y estriado que tiene forma alargado que a lo largo emergen hojas que tienen un parecido al perejil, el color es verde amarillento a verde oscuro y el sabor del tallo es intenso, pero agradablemente amargo con una textura crujiente (Vigliola, 1998).

Raíz

Las raíces son superficiales y cuenta con una raíz pivotante (Vigliola, 1998).

Tallo

El tallo del apio presenta las siguientes características con una altura de 30 a 50 cm y con un diámetro de 4 a 9cm respectivamente, tiene una estructura glabra y surcada con estrías longitudinales, además, el tallo es carnosa y succulenta y el sabor del tallo es intenso, pero agradablemente amargo con una textura crujiente, cabe resaltar que los pecíolos surcan al tallo con fibras (Vigliola, 1998).

Hojas

Las hojas del apio emergen del tallo y tiene forma de corona y tienen parecido al perejil (Vigliola, 1998).

2.2.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

Suelo

El apio no es exigente en suelos, requiere de pH neutral suelos sueltos, tolera la salinidad (Choque, 2021).

Clima

Las condiciones climáticas para que el cultivo de apio Choque (2021) indica que la temperaturas óptimas está entre 17 a 21°C y hasta una mínima de 12 a 15°C por lo que esta temperatura permite un buen crecimiento y desarrollo de la planta de apio ya temperaturas menores alteran la fisiología de la planta induciendo la floración temprana y en cuanto a la humedad relativa está entre 30 a 70% superior a este rango influye en la proliferación de enfermedades.

2.2.5 Fenología del apio

El apio es una hortaliza que tiene un ciclo fenológico corto que va de dos a cuatro meses, inicia con la germinación luego por el crecimiento vegetativo acelerado es donde se muestra el desarrollo del apio para la comercialización, seguido pasa por el estadio de floración emerge pequeñas flores y luego termina su ciclo (Vigliola, 1998).

2.2.6 Hidroponía

La hidroponía proviene de los términos hidro (agua) y ponos (labor o trabajo), que tiene como significado la labor o trabajo realizado en agua, refiriéndose al manejo agrícola del cultivo sin suelo. Por tanto, la Hidroponía, son técnicas que llega aumentar el número de plantas por unidad de área ya que este medio les permite a las plantas de disponer de nutrientes y agua durante todo su ciclo fenológico en comparación con el de suelo (Choez, 2019).

Además, en condiciones de hidroponía la planta no cumple su interacción ambiental como lo hace en las estaciones mejor dicho bajo condiciones de invernadero, siendo el sistema hidropónico una estrategia prometedora para la futura producción de hortalizas en el mundo ya que la producción es mayor a comparación con la producción en campo y los insumos agrícolas son menores ya que este sistema permite que la planta obtenga nutrientes con mayor disponibilidad (Ramírez, 2022).

2.2.7 Sistema de hidroponía a raíz flotante

Este sistema hidropónico a raíz flotante es el más económico y sostenible que otros sistemas hidropónicos y se caracteriza por aportar nutrientes y el agua a la planta obteniendo altos rendimientos en menor tiempo, no se requiere de energía eléctrica para que el agua este en movimiento, por lo que la aireación se realiza de forma manual. Asimismo, genera una mayor producción durante todo el año y el uso de biorreguladores como un estrategia para aumentar el crecimiento y desarrollo de la planta lo que aumenta la importancia de este estudio con información teórica sobre el efecto de la biorreguladores del crecimiento (Aktsoğlu et al., 2021).

El sistema de hidroponía a raíz flotante de acuerdo con Choez (2019) indica que bajo este sistema las raíces de las plantas están sumergidas en agua y la solución nutritiva bajo una lámina de tecnopor y es fácil la oxigenación de este sistemas, además, se le proporciona los nutrientes de las soluciones aplicadas y esto genera que la planta disponga tanto de nutrientes y de agua cuando las necesita para sus actividades fisiológicas, teniendo en cuenta que las soluciones aplicadas en este sistema están bajo formulaciones y balance de la solución nutritiva para hidroponía.

2.2.8 Solución nutritiva

El sistema hidropónica no se usa suelo, teniendo en cuenta que el suelo es un medio que contiene iones o nutrientes que proporcionan a las plantas, en cambio en condiciones hidropónicas no cuenta con iones por lo que es necesario de usar de forma externa el uso de soluciones nutritivas los cuales tienen que presentar un equilibrio adecuado de iones o nutrientes que están disueltos en agua pero sin que ocurra interacción alguna y debe estar bajo una formulación (Sambo et al., 2019).

Por lo cual estas soluciones nutritivas en el sistema hidropónico permiten disponer de nutrientes en la planta durante todo su desarrollo fenológico y se encuentra la solución A y la solución B los cuales contienen de forma balanceada los nutrientes como los macronutrientes: nitrógeno (nitrato y amoniacal), fósforo, potasio, azufre, magnesio y micronutrientes como el boro, hierro, manganeso y zinc todos los nutrientes que requiere la planta (Sambo et al., 2019).

2.2.9 Biorreguladores de crecimiento

Los biorreguladores son sustancias elaboradas en forma natural u orgánicas que afectan la expresión de las funciones bioquímicas o fisiológicas en los tejidos vegetales que ayudan a maximizar el potencial genético de las plantas lo que en consecuencia aumenta el rendimiento de la planta (Aktsoğlu et al., 2021).

Según Stegelmeier et al (2022) las plantas presentan un crecimiento limitado debido a que la planta requiere de estímulos para mejorar la disposición de nutrientes y aumentar su crecimiento, siendo los biorreguladores del crecimiento la mejor opción, ya que estos son sustancias que afectan la expresión de las funciones bioquímicas o fisiológicas en los tejidos vegetales que ayudan a los agricultores en maximizar el potencial genético de las plantas y con ello aumentar el rendimiento.

Además, como indican Isnainun et al. (2021) el uso de estos biorreguladores presentará efecto sobre el rendimiento lo que permitirá reducir las soluciones nutritivas ya que estos biorreguladores enriquecerán de nutrientes mejorando el rendimiento del apio.

2.3 Definición de términos básicos

Biorreguladores

Los biorreguladores del crecimiento son sustancias que contienen fitohormonas y son la mejor opción, ya que estos son sustancias que afectan la expresión de las funciones bioquímicas o fisiológicas en los tejidos vegetales lo que implica una mayor respuesta en la planta (Stegelmeier et al., 2022).

Hidroponía

La hidroponía es la influencia del manejo agronómico de la planta en agua, los cuales son técnicas que llega aumentar el número de plantas por unidad de área ya que este medio les permite a las plantas de disponer de nutrientes y agua durante todo su ciclo fenológico en comparación con el de suelo (Choez, 2019).

Raíz flotante

Este sistema hidropónico es más económico y sostenible que otros sistemas hidropónicos y se caracteriza por aportar nutrientes y el agua a la planta obteniendo altos rendimientos en menor tiempo, no se requiere de energía eléctrica para que el agua este en movimiento, por lo que la aireación se realiza de forma manual (Choez, 2019).

Solución nutritiva

El sistema hidropónica no se usa suelo, teniendo en cuenta que el suelo es un medio que contiene iones o nutrientes que proporcionan a las plantas, en cambio en condiciones hidropónicas no cuenta con iones por lo que es necesario de usar de forma externa el uso de soluciones nutritivas los cuales tienen que presentar un equilibrio adecuado de iones o nutrientes que están disueltos en agua pero sin que ocurra interacción alguna y debe estar bajo una formulación (Sambo et al., 2019).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento influyen en el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

2.4.2 Hipótesis específicas

Las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento influyen en las características agronómicas del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento influyen en los componentes del rendimiento del apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (x): Biorreguladores del crecimiento	Los biorreguladores del crecimiento la mejor opción, ya que estos son sustancias que afectan la expresión de las funciones bioquímicas o fisiológicas en los tejidos vegetales (Stegelmeier et al., 2022).	La evaluación de los biorreguladores del crecimiento se determinará mediante la aplicación de productos hormonales en diferentes combinaciones.	- T0: Solución hidropónica común (Testigo).	litro
			- T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor® Up) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .	
			- T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggrr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .	Litro
			- T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Triggrr Trihormonal) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .	Litro
Variable dependiente (y): Rendimiento de apio	El apio es una de las principales hortalizas más utilizadas en la alimentación diaria debido a su aporte nutricional que esta cuenta, debido a ello se cultiva en toda la nación (Quispe, 2022).	Se medirá las características agronómicas y el rendimiento del cultivo de apio	- Altura de planta	cm
			- Diámetro de planta	cm
			- N° de hojas por planta	N°
			- Peso fresco por planta.	kg planta ⁻¹
			- Rendimiento total	t/ha

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación fue aplicada, con diseño experimental y de corte longitudinal cuantitativo, el nivel de esta investigación fue correlacional debido a que midió la relación entre las aplicaciones de biorreguladores en el rendimiento del apio.

3.1.2 Ubicación

El ensayo experimental se llevó a cabo en el centro poblado de Humaya, ubicado en calle los jardines s/n; con coordenadas UTM DATUM (WGS-84) 18 L Zona Sur 237117.00 m E, 8772054.00 m N a una altura de 380 msnm.

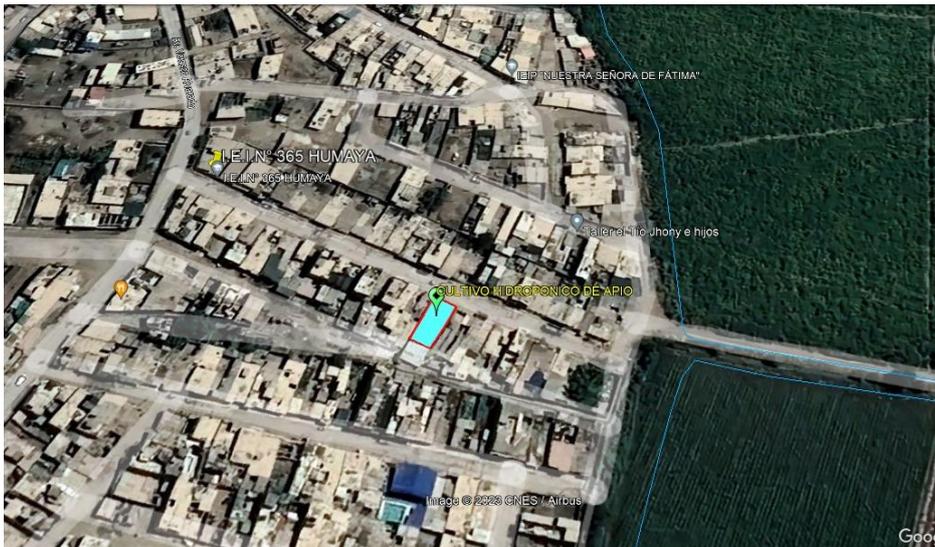


Figura 1. Ubicación del experimento

3.1.3 Características del área experimental

El ensayo experimental estuvo comprendido por cuatro tratamientos y tres repeticiones obteniendo un total de doce unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por un contenedor de madera con las siguientes medidas: 6m x 7m x 0,25 m, forrada interiormente con plástico de color negro de 8 μ de grosor. El área total experimental se muestra a continuación:

- Número de repeticiones : 3
- Número de tratamientos por repetición : 4
- Número de unidades experimentales (UE) : 12
- Distancia entre planta : 0,23 x 0,23m
- Distancia entre camas (tecnopor) : 1m²
- Número de plantas por UE : 21
- Área neta del experimento : 42 m²

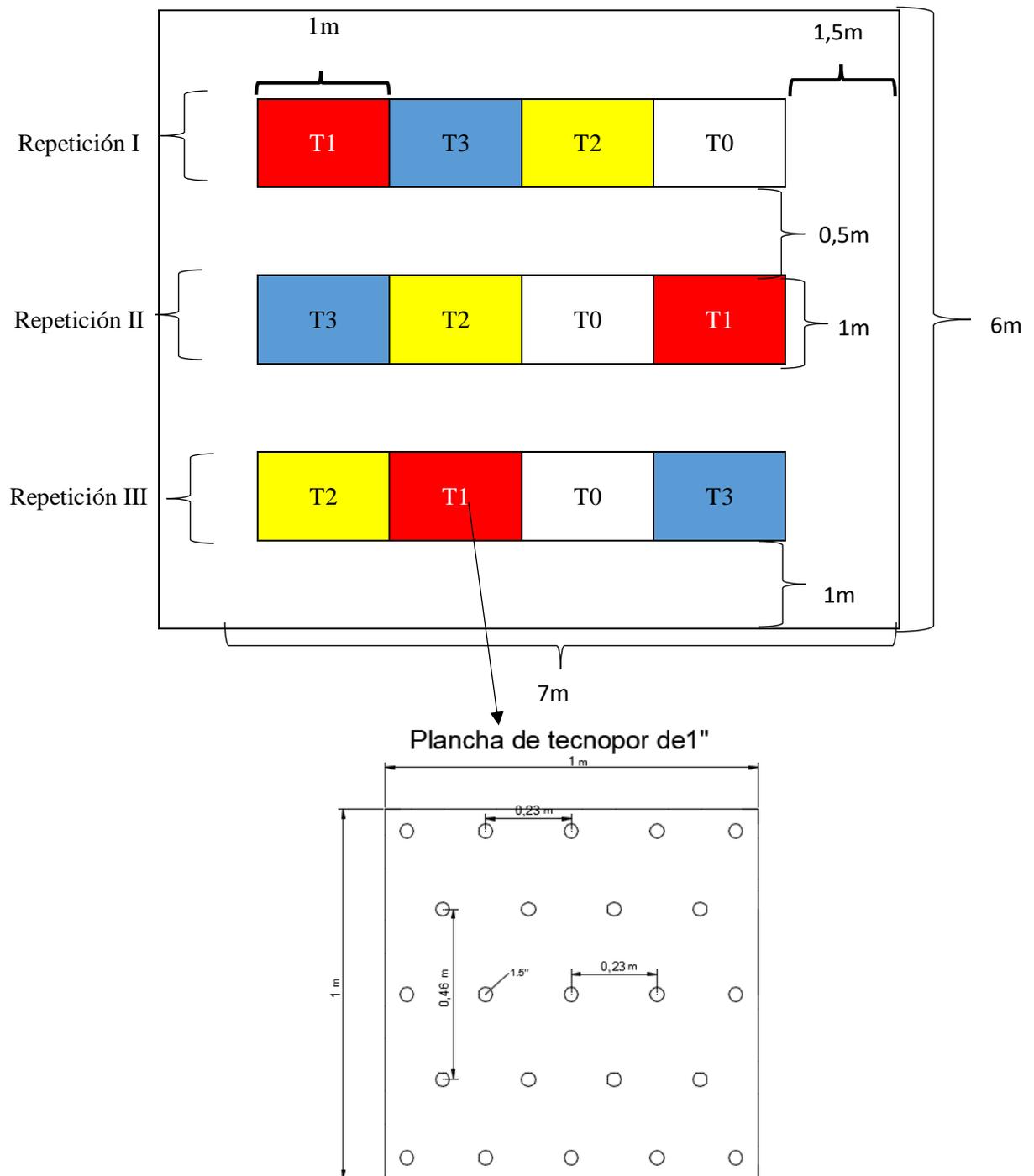


Figura 2. Colocación de los tratamientos en la hidroponía a raíz flotante.

3.1.4 Tratamientos

Los tratamientos para el presente estudio se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T0	Solución hidropónica común (Testigo).
T1	Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .
T2	Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .
T3	Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Triggr Trihormonal) a dosis de 1 l ha ⁻¹ .

3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental realizado en invernadero fue mediante el Diseño Completo al Azar, con cuatro tratamientos (biorreguladores y un testigo sin aplicar) y tres repeticiones. La comparación de medias de los tratamientos se usó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad ($\alpha=0,05$). Además, se analizó el coeficiente de variabilidad para determinar la homogeneidad o heterogeneidad de los datos del campo, todo se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Prueba de análisis de varianza

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Tratamientos	3	SCT	CMT	FCALT		
Error	8	SCE	CME			
Total	11	SCT				

C.V: % = Coeficiente de variabilidad

3.1.6 Variables a evaluar

Las evaluaciones fueron las siguientes:

Altura de planta (cm)

Esta variable se usó para medir la planta desde la base desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma usando la wincha.

Diámetro de planta (cm)

En esta variable el apio se realizó midiendo el diámetro por cada unidad experimental.

Número de hojas

A la cosecha se contaron las hojas del apio por cada unidad experimental.

Peso fresco por planta

Al extraer las plantas del contenedor de madera de la técnica de la raíz flotante con uso del bisturí, se separaron la parte radicular con la parte foliar y se pesó en una balanza analítica y el resultado se expresó en g por planta pesada.

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)

El rendimiento total se obtuvo a partir de los resultados del peso de la parte foliar la cual se multiplicó por el número de plantas en condiciones hidropónicas de raíz flotante el cual fue de 111111 plantas en un área de 5291 m^2 equivalente a una hectárea de terreno agrícola (0.90m x 0.20m – ambas caras de surco) y luego se estimó el porcentaje de mortandad al 10% con 1111 plantas con plantas comercialmente factible de 99999.9 plantas y el resultado fue expresado en $t\ ha^{-1}$.

3.1.7 Conducción del experimento

Preparación del experimento

La investigación dio inicio en julio del 2023, en una casa malla cuya estructura está hecho de malla antiáfida, postes de madera de 4 pulg y alambre galvanizada N°10, de 42 m² siendo las medidas de 7 m de largo 6 m de ancho, techo y paredes cubiertas por una malla de 95% de sombra. Se colocó un contenedor de madera con las siguientes medidas: 4 m x 4 m x 0,25 m, forrada interiormente con geomembrana de 0,5 mm de grosor color negro, colocando en la superficie de agua la plancha de Tecnopor de 1pulg de grosor de 1m², previa perforación de hoyos de 1.5pulg en tres bolillos de 0,23 x 0.23m entre plantas, se colocaron un soporte (lamina de espuma poliuretano de 0.05m x 0.05m x 1”) de 2x1x1” de grosor, donde se colocaron las plantas de apio como soporte y la solución nutritiva. También quedando espacio de 0.5m un permitió que la persona realice movimiento para darle oxigenación a las raíces y de con compresor de aire de 88lt. Min/15min durante ocho veces al día.

El sistema de raíz flotante consta de dos etapas del cultivo: Almacigo y trasplante; también medidores universales que sirven para medir el PH, CE, TDS y temperatura del agua.

Almacigo

Las plantas de apio de la variedad se colocaron sus semillas en una bandeja almaciguera con sustrato de turba hasta obtener las plántulas con el tamaño adecuado para su primer trasplante.

Riego para almacigo

Se realizó primero el riego con una pulverizadora manual una vez al día y la aplicación de solución nutritiva la cual fue adquirida de la Universidad Agraria La Molina, los cuales indicaron que tiene como concentración de 50% señalando que esta concentración tiene 2,5 ml de solución con macronutriente (A), 1 ml de solución que contiene todos los micronutrientes (B) y aparte tiene un 1 ml de solución de calcio (C) en un 1L de agua.

Formulación y aplicación de la solución nutritiva concentrada

La solución nutritiva fue aplicada en el contenedor de madera (4m x 4m x 0.12m) las cuales tienen volumen para 1920 L y se aplicó a criterio para usar las cantidades de la solución concentrada en 4 etapas fraccionado de 20%, 20%, 35% y 25% y de la dosis (5 ml de solución “A” y 2 ml de solución “B” y 2 ml de solución “C” en un 1L de agua), siendo 9.6 L de solución “A”, 3.84 L de solución “B” y para la solución “C” se usó 3.84 L.

Trasplante

Esta labor se realizó cuando la plántula tenga el tamaño indicado extrayendo las plantas de la bandeja almacigueras con raíz desnuda, se regó previamente a la plántula y luego se le colocó una tira de espuma de poliuretano el tamaño de esta fue de (0.05m x 0.05m x 1”) al cuello de la plántula, luego de ello se colocaron una lámina de Tecnopor de 1m² en cada agujero de 1.5” para después se coloque en el contenedor de madera con agua potable y solución nutritiva.

Aplicación de los Biorreguladores

Los biorreguladores de crecimiento se prepararon en mochila pulverizadora de volumen de 20 L, con proporciones de correcta de producto biorreguladores de crecimiento a dosis de 1 l ha⁻¹, volumen de caldo de 500 ha⁻¹ y de agua potable 3 L y el tratamiento de estudio fue de 1 aplicación por semana durante 3 meses la cual fue aplicado vía foliar del tratamiento a dosis de 1 l ha⁻¹.

Oxigenación

El movimiento del agua del contenedor fue una labor necesaria la cual fue agitando por una compresora de aire de 88 L/min de 80wats a diez minutos ocho veces al día, regulado a través de un temporizador horario programado digital 16 A 220voltios.

Control fitosanitario

Se realizó el monitoreo de forma permanente y al detectar la presencia de plagas y enfermedades se realizó el control respectivo, sin embargo, se colocó trampas amarillas impregnadas con adherente entomológico en ambas caras.

Cosecha

La cosecha se realizó aproximadamente a los 120 días después de la siembra al alcanzar la madurez comercial y de forma manual.

3.2 Técnicas para el procedimiento de la información

El procesamiento de datos del invernadero en condiciones hidropónicas a raíz flotante fueron procesados a través del software Infostat, y las tablas y figuras se realizaron con el programa de Excel.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Altura de planta de apio

El análisis de varianza para la altura de planta (Tabla 4) muestra diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2,18%, valor que indica precisión experimental por Miranda et al. (2011).

Tabla 4

Análisis de la varianza para la altura de la planta (cm)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Tratamientos	3	388,77	129,59	100,7	<0,0001 **
Error	8	10,36	1,3		
Total	11	399,33			
CV (%) =			2,18		

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La prueba de Tukey (Tabla 5) se observa el comparativo de medias para la altura de planta obteniéndose tres lugares. El primer lugar lo ocuparon el T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 58,3 cm y el T2 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 56,2cm estadísticamente superior al T1 y en el último lugar se ubicó el T0 con 43,6cm.

Tabla 5

Prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta

Tratamientos	Altura (cm)
T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Trigrrr Trihormonal) a dosis de 1 l ha ⁻¹	58,3 a
T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Trigrrr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹	56,2 a
T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha ⁻¹	50,6 b
T0: Solución hidropónica común (Testigo)	43,6 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2 Diámetro de la planta

La Tabla 6 se muestra el análisis de varianza para el diámetro de la planta indicando diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2,58%, valor que indica precisión experimental por Miranda et al. (2011).

Tabla 6

Análisis de la varianza para el diámetro de planta (cm)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Tratamientos	3	3,66	1,22	49,50	<0,0001 **
Error	8	0,20	0,02		
Total	11	3,86			
CV (%) =			2,58		

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% (Tabla 7), muestra el comparativo de medias, donde se observa que el mayor diámetro lo presentó el T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 6,68 cm estadísticamente similar al T2 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 6,43cm fueron superiores estadísticamente al T1 y el menor diámetro lo obtuvo el T0 (Solución hidropónica común - Testigo) con 5,23 cm.

Tabla 7

Prueba de Tukey al 5% para el diámetro de planta

Tratamientos	Diámetro de planta (cm)
T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Triggrr Trihormonal) a dosis de 1 l ha ⁻¹	6,68 a
T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggrr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹	6,43 a
T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha ⁻¹	6,07 b
T0: Solución hidropónica común (Testigo)	5,23 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.3 Número de hojas por planta

El análisis de varianza para el número de hojas por planta (Tabla 8) muestra diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0,91%, valor que indica precisión experimental por Miranda et al. (2011).

Tabla 8

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

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Tratamientos	3	5,70	1,90	13,89	0,0015**
Error	8	1,09	0,14		
Total	11	6,79			
CV (%) =			0,91		

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

En la Tabla 9, muestra el comparativo de medias, donde se observa que los tratamientos T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 41,2 hojas el T2 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 41,1 hojas y el T1 (Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha⁻¹) con 40,4 hojas y este similar al T0 (Solución hidropónica común - Testigo) con 39,5 hojas.

Tabla 9

Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas por planta (n°)

Tratamientos	Número de hojas (n°)
T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggrr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹	41,2 a
T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Triggrr Trihormonal) a dosis de 1 l ha ⁻¹	41,1 a
T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha ⁻¹	40,4 ab
T0: Solución hidropónica común (Testigo)	39,5 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.4 Peso fresco de la planta (kg planta⁻¹)

El análisis de varianza mostrado en la Tabla 10, para el peso fresco por planta, donde se aprecia que hubo diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3,03%, valor que indica precisión experimental por Miranda et al. (2011).

Tabla 10

Análisis de la varianza para el peso fresco de la planta (kg planta⁻¹)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Tratamientos	3	117429,80	39143,27	131,78	<0,0001 **
Error	8	2376,22	297,03		
Total	11	119806,02			
CV (%) =			3,03		

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

La Tabla 11 muestra la prueba de Tukey al 5% del comparativo de media, indicando que el mayor peso fresco lo presentó el T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) con 685,97 g planta⁻¹ superando estadísticamente a los demás tratamientos, seguido por el T2 con 639,70 g planta⁻¹ y fue superior estadísticamente al T1 y el menor peso fresco lo obtuvo el T0 (Solución hidropónica común - Testigo) con 440,77 g planta⁻¹.

Tabla 11

Prueba de Tukey al 5% para el peso fresco de la planta (kg planta⁻¹)

Tratamientos	Peso fresco de la planta (g)
T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha ⁻¹	685,97 a
T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggr Kelp) a dosis de 1 l ha ⁻¹	639,70 b
T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de 1 l ha ⁻¹	505,57 c
T0: Solución hidropónica común (Testigo)	440,77 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.5 Rendimiento total ($t\ ha^{-1}$)

La Tabla 12 se muestra el análisis de varianza para el rendimiento indicando diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2,86%, valor que indica precisión experimental por Miranda et al. (2011).

Tabla 12

Análisis de la varianza para el rendimiento total ($t\ ha^{-1}$)

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F cal.	p-valor
Tratamientos	3	1173,35	391,12	132,47	<0,0001 **
Error	8	23,62	2,95		
Total	11	1196,97			
CV (%) =			3,03		

ns. = no significativo, ** = altamente significativo

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% (Tabla 13), muestra el comparativo de medias, donde se observa que el mayor rendimiento fue para el T3 (Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de $1\ l\ ha^{-1}$) con $68,60\ t\ ha^{-1}$ superando estadísticamente a los demás tratamientos, seguido por el T2 con $63,93\ t\ ha^{-1}$ y fue superior estadísticamente al T1 y el menor peso fresco lo obtuvo el T0 (Solución hidropónica común - Testigo) con $44,77\ t\ ha^{-1}$.

Tabla 13

Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total ($t\ ha^{-1}$)

Tratamientos	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)
T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas (Triggrr Trihormonal) a dosis de $1\ l\ ha^{-1}$	68,60 a
T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas (Triggrr Kelp) a dosis de $1\ l\ ha^{-1}$	63,93 b
T1: Solución hidropónica común + Solución de Auxinas (Root-Hor) a dosis de $1\ l\ ha^{-1}$	50,57 c
T0: Solución hidropónica común (Testigo)	44,07 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

CAPÍTULO V. DISCUSION

Los resultados para altura de planta muestran que los tratamientos T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha^{-1} y el T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha^{-1} obtuvieron mayor altura, la razón de ello se deduce que estos biorreguladores de crecimiento influyen en el metabolismo de la planta lo que favorece en un mayor crecimiento de la misma. Este resultado se asemeja a lo obtenido por Santos (2019) quien encontraron el efecto de biorreguladores de crecimiento en el comportamiento de dos variedades de apio reportando resultados de entre 46 a 61 cm en donde la menor altura la obtuvo el testigo y el tratamiento con mayor tamaño la obtuvo variedad Gian Pascal con la aplicación de Biozyme, el mismo autor indica que este tratamiento fue estadísticamente similar con otros biorreguladores con medias de 59 a 50 cm, esto indica que el buen tamaño en la planta de apio aumenta la actividad fotosintética y la síntesis de aceites esenciales del apio.

Al respecto Isnainun et al. (2021) indican que el sistema hidropónico es un medio que permite que la planta disponga de todos los nutrientes que se aplican por este medio y adicionalmente la aplicación de los biorreguladores implica que la planta presente un correcto equilibrio hormonal que influye que el metabolismo celular y su fisiología fue más acelerada lo cual aumenta el crecimiento de la planta y mejoras en las características agronómicas, hecho que es corroborado en este estudio donde se observó significancia en los tratamientos con los biorreguladores en el apio.

Con respecto al diámetro de la planta los resultados mostraron que los tratamientos T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha^{-1} y el T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha^{-1} obtuvieron mayor diámetro de planta esto indica que la aplicación de biorreguladores de crecimiento favoreció el crecimiento vertical y horizontal de la planta. Los resultados se aproximan a Santos (2019) quien encontró que la aplicación de biorreguladores aumentaron el diámetro de planta con rango de 4,3 a 6,43cm de diámetro con el tratamiento con Biozyme quien alcanzó mayor diámetro, indicando que el mayor diámetro del apio presenta mayor succulencia y es más aceptado por el mercado hasta llegar a más de 7cm el cual es un diámetro no muy aceptado por el mercado.

En cuanto al número de hojas, los tratamientos T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹ y el T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹ obtuvieron mayor número de hojas+ la razón de ello se deduce que estos tratamientos fueron altamente en mayor número de hojas. Este resultado se aproxima a lo reportado por Molina (2017) quien investigando sobre las soluciones nutritivas en dos variedades de apio en condiciones hidropónicas encontraron rangos de entre 33 a 44,27 hojas, este resultado indica que los biorreguladores aumenta el crecimiento de la planta implica un mayor número de hojas y que las hojas al no ser usadas en la alimentación humana, sirve para la alimentación de animales menores.

En los resultados de peso fresco de la planta los resultados reportaron a los tratamientos T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹ obtuvo mayor peso fresco la razón de ello se deduce que estos biorreguladores permiten que la planta presente un correcto metabolismo celular por el cual realiza todos sus procesos fisiológicos por ello que aumenta el peso de la planta, lo cual coincide con Isnainun et al. (2021) quienes encontraron que que el apio en condiciones hidropónicas con adición de biorreguladores obtuvieron peso de 510 a 810 g por planta lo que permite reducir las soluciones nutritivas ya que estos biorreguladores mejora los procesos fisiológicos de la planta lo que aumenta el peso de la planta. Asimismo, Choque (2021) quien encontró que el apio en condiciones hidropónicas presenta un peso de 183 g planta⁻¹, resultado menor, pero al aplicar biorreguladores de crecimiento el peso aumenta ya que estos biorreguladores mejorar los procesos fisiológicos de la planta lo que permite el aumento de peso tal como se muestra en nuestro estudio.

Con respecto al rendimiento total del apio los resultados reportaron que los tratamientos T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹ quien alcanzó alto rendimiento, la razón de ello se deduce que estos biorreguladores permiten que la planta aumente en altura y peso lo que implica en un mayor rendimiento total si lo convertimos las condiciones hidropónicas en una hectárea de área agrícola se requiere de un área de 5291m², estos resultados se asemejan con Santos (2019) quien reportó rendimientos entre un rango de 26,06 a 63,23 t ha⁻¹, siendo el tratamiento con mayor rendimiento la variedad Gian Pascal más aminofol y Biozyme.

El mismo autor indica que esta respuesta se debe a que los biorreguladores mejoran el metabolismo del apio lo que refleja en un aumento del rendimiento en comparación con el testigo por más del doble del rendimiento. Los resultados se aproximan a lo encontrado por Choque (2021) que afirma que el apio en condiciones hidropónicas presenta mayor rendimiento debido a que en hidroponía la planta presente mayor disponibilidad de nutrientes en comparación con el apio en condiciones de suelo donde la planta tiende a presentar limitaciones para absorber nutrientes y la disponibilidad del agua debido a las propiedades del suelo o falta de eficiencia de riego, en cambio en condiciones hidropónicas la planta absorbe nutrientes y tiene agua, esta información es corroborado por Sicha (2023) que indicaron que la aplicación de biorreguladores de crecimiento como fuente adicional en las soluciones hidropónicas mejoran las características agronómicas de la planta sobre todo aumenta en altura y peso de la planta por lo que aumenta el rendimiento total de la planta, tal como se encontró en nuestro estudio.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Las aplicaciones de los biorreguladores del crecimiento (T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) y (T2: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas a dosis de 1 l ha⁻¹) obtuvieron efecto significativo en el comportamiento agronómico y el rendimiento de apio (*Apium graveolens*) bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Referente a las características agronómicas como la altura y diámetro de planta presentaron diferencias significativas entre tratamientos mostrando al T3 (58,3cm y 6,68cm) y el T2 (56,2cm y 6,43cm) con los mayores valores, en cuanto al número de hojas el T2 (41,2hojas), T3 (41,1 hojas) y T1 (40,4 hojas) fueron mayores bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

En relación a los componentes del rendimiento del apio como el peso fresco de la planta y el rendimiento se observó significancia estadística el tratamiento mostrando al T3 (685,97 g planta⁻¹ y 68,60 t ha⁻¹) quien obtuvo mayor valor en el cultivo de apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda utilizar de forma combinada los biorreguladores de crecimiento tal como el tratamiento T3: Solución hidropónica común + Solución de Citoquininas + Auxinas + Giberelinas a dosis de 1 l ha⁻¹) en el cultivo de apio bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Repetir el experimento con otros cultivos hortícolas bajo el sistema hidropónico de raíz flotante en Huacho, Lima.

Se recomienda realizar el ensayo experimental en las mismas condiciones y tratamientos para comparar su comportamiento.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Abello, C. (2022). *Evaluación de bioestimulantes a base de aminoácidos y quitosano en el Crecimiento y rendimiento de tomate (Solanum lycopersicum l.) bajo invernadero* (Tesis pregrado). Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas. Bogotá D.C, Colombia. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4990/Tesis%20de%20grado%20tomate%20Cristian%20Abello.pdf?sequence=1>
- Aktsoglou, D. C., Kasampalis, D. S., Sarrou, E., Tsouvaltzis, P., Chatzopoulou, P. & Martens, S. (2021). Protein hydrolysates supplement in the nutrient solution of soilless grown fresh peppermint and spearmint as a tool for improving product quality. *Agronomy*, 11, 317. doi: 10.3390/agronomy11020317
- Baca, E. (2019). *Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en producción hidropónica de tres variedades de fresa (Fragaria ananassa Duch) en centro agronómico K'ayra – Cusco* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco – Cusco. Perú. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5600/>
- Carrera, K. (2008). *Respuesta del apio (Apium graveolens) a la aplicación foliar complementaria de tres bioestimulantes a tres dosis. Calacalí, Pichincha* (Tesis de posgrado). Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Choez, V. (2019). *Cultivando lechuga (Lactuca sativa L.), bajo condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnica Estatal De Quevedo. Quevedo – Los Ríos – Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c0e0bb16-725c-431f-8f57-e6a3bf4f1e4c/content>
- Choque, D. (2021). *Evaluación de dos variedades de apio (Apium graveolens L.) en tres densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), en el Centro Experimental de Cota Cota - La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25766>

- Ciriello, M., Formisano, L., Kyriacou, M. C., Colla, G., Graziani, G., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupheal, Y. (2022). Biostimulatory Action of Vegetal Protein Hydrolysate Compensates for Reduced Strength Nutrient Supply in a Floating Raft System by Enhancing Performance and Qualitative Features of "Genovese" Basil. *Frontiers in plant science*, 13, 906686. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906686>
- González, W. (2020). Producción de lechuga hidropónica (*Lactuca Sativa* L.) en sistema de raíz flotante bajo el efecto de 3 bioestimulantes. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/5684/UPSE-TIA-2021-0005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Inga, J. (2020). *Efecto de la aplicación de bioestimulantes en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum Vulgare* l.) Cultivar centenario bajo condiciones de invernadero en Huaraz – Ancash, 2019.* <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4478>
- Isnainun, E., Tini, E., & suwanto, suwanto. (2021). Growth and Results of Three Varieties Celery (*Apium graveolens* L) With Addition of Alternative Nutrition in the Hydroponic Floating System. *AGROLAND The Agricultural Sciences Journal (e-Journal)*, 8(2). <https://doi.org/10.22487/agroland.v0i0.690>
- Lema (2018). *Evaluación de soluciones de microalgas como bioestimulante natural en el cultivo hidropónico de lechuga (*lactuca sativa*) en la PUCESI.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador <https://dspace.pucesi.edu.ec/handle/11010/221>
- Molina, J. (2017). *Efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de apio (*Apium graveolens*) sembrado en condiciones hidropónicas en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Quevedo – Los Ríos – Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e31890ff-297e-4132-a5ab-af2ac4308633/content>

- Pozo, L. (2018). *Producción hidropónica de apio (Apium graveolens) y lechuga (Lactuca sativa), inyectando micronanoburbujas en el riego* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima. Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3677>
- Quispe, L. (2020). *Efecto Niveles de gallinaza en el rendimiento de dos variedades de apio (Apium graveolens L.) en Canaán 2750 msnm – Ayacucho* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga. Ayacucho, Perú. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2057/1/T026_71245419_T.pdf
- Ramírez, N. (2022). *Efecto de tres estimulantes radiculares en las características Morfo-productivas de la lechuga hidropónica* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De Tumbes, Tumbes, Perú. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/63743/>
- Rodríguez, X. y Rojas, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud, 20(3),97-107. <http://dx.doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2022.020.03.97>
- Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R., & Cesco, S. (2019). Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective. *Frontiers in plant science*, 10, 923. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>
- Santos, G. (2019). *Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de Apio (apium graveolens) en condiciones de Yanahuanca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2057/1/T026_71245419_T.pdf
- Sicha, J. (2023). *Efecto de soluciones nutritivas y bioestimulantes en producción vertical de lechuga (Lactuca sativa L. Variedad White Boston) en condiciones de fitotoldo San Jerónimo – Cusco* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco. Cusco - Perú. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7240/253T20230018_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Stegelmeier, A. A., Rose, D. M., Joris, B. R., & Glick, B. R. (2022). The Use of PGPB to Promote Plant Hydroponic Growth. *Plants (Basel, Switzerland)*, *11*(20), 2783. <https://doi.org/10.3390/plants11202783>

Vigliola, M. (1998). *Guía Técnica de cultivos*. 1era edición. Quito. Ecuador: Manual No 73 INIAP- MAGAP.

ANEXOS 1

Tabla 14

Datos de campo para altura de planta

N°plantas	Repetición I				Repetición II				Repetición III			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	45,8	52,6	56,8	63,5	51,4	54,7	54,7	57,3	47,4	48,4	52,5	60,3
2	43,7	51,7	58,3	58,3	43,7	53,2	56,2	62,3	45,2	52,6	56,9	62,4
3	41,8	48,5	57,3	56,4	42,5	51,8	60,3	60,3	43,8	49	62,1	55,7
4	45,8	47,2	55,3	59,3	38,1	56,7	54,7	59,4	48,4	47,4	60,3	58,3
5	37	49,2	48,3	61,4	38,5	49,3	57,4	57,9	47,4	52,5	52,5	62
6	46,2	43,7	52,4	64,2	39,2	53,7	56,2	58,3	46,9	52,4	52,4	54,9
7	43,8	50,6	63,6	54,6	43,8	52,5	55,8	57,4	40	51,4	58,3	55,3
8	38,6	54,2	58,8	52,4	41,8	48,6	54,2	55,7	44,3	49,5	53,2	56,3
9	49,5	49,6	49,5	54,8	42,4	52,4	58,5	58,3	43,2	47,3	58,5	59,4
10	42,6	53,2	54,2	58,3	40,3	50,6	59,3	57,2	45,7	43,6	59,3	57,2
Promedio	43,5	50,1	55,5	58,3	42,2	52,4	56,7	58,4	45,2	49,4	56,6	58,2

Tabla 15

Datos de campo para diámetro de planta

N°plantas	Repetición I				Repetición II				Repetición III			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	5,33	6,32	6,33	7,24	4,65	6,15	7,23	6,34	5,36	6,24	6,21	6,35
2	4,97	6,26	6,13	7,27	4,87	6,54	6,24	7,16	5,48	5,94	6,03	7,04
3	5,05	6,17	6,16	6,32	5,63	6,63	6,3	6,25	5,52	6,12	6,13	7,04
4	5,57	6,23	6,87	6,55	5,37	6,23	6,13	6,32	5,39	6,27	6,18	6,3
5	5,58	6,18	6,96	6,36	4,87	5,86	7,02	6,76	5,18	5,74	6,24	6,78
6	5,47	5,32	6,32	6,87	5,63	5,33	7,23	6,45	5,2	5,48	6,42	6,87
7	5,08	6,28	6,17	6,95	5,27	6,15	7,17	6,86	5,53	6,24	6,29	6,65
8	4,51	6,01	6,22	6,78	5,14	6,07	6,47	6,36	5,37	6,13	6,01	6,74
9	5,37	5,42	6,12	6,47	4,87	6,04	6,23	7,27	4,73	5,34	5,96	6,45
10	5,17	5,87	7,08	6,74	5,32	5,19	7,16	6,42	5,37	6,2	5,84	6,47
Promedio	5,21	6,01	6,44	6,76	5,16	6,02	6,72	6,62	5,31	5,97	6,13	6,67

Tabla 16

Datos de campo para número de hojas

Nºplantas	Repetición I				Repetición II				Repetición III			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	38	43	38	39	40	39	42	41	39	42	41	41
2	40	41	43	39	38	41	41	43	39	43	42	42
3	41	40	41	38	37	41	43	42	38	43	42	42
4	37	39	43	41	39	40	43	40	41	40	40	39
5	41	42	39	42	41	39	42	40	40	40	42	40
6	36	40	43	44	42	42	40	41	40	39	42	43
7	41	42	42	43	42	41	41	42	41	38	41	41
8	39	40	41	39	40	39	39	43	39	38	39	42
9	38	39	41	38	38	38	42	43	39	40	43	42
10	41	41	40	42	39	42	41	42	41	39	39	40
Promedio	39,2	40,7	41,1	40,5	39,6	40,2	41,4	41,7	39,7	40,2	41,1	41,2

Tabla 17

Datos de campo para peso fresco de planta

Nºplantas	Repetición I				Repetición II				Repetición III			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	427	512	649	726	427	484	646	606	438	503	655	703
2	417	462	693	694	442	503	645	635	448	483	639	684
3	437	503	425	737	438	524	659	656	429	492	642	672
4	432	523	655	837	463	519	633	682	448	472	656	646
5	418	488	643	658	439	483	602	705	432	483	621	584
6	409	420	645	735	448	493	640	694	446	503	619	668
7	427	534	603	694	472	518	683	633	429	593	642	683
8	422	539	734	652	483	526	656	572	462	522	628	803
9	438	592	652	683	449	522	694	629	471	493	659	763
10	427	486	605	726	462	509	645	736	443	483	623	683
Promedio	425,4	505,9	630,4	714,2	452,3	508,1	650,3	654,8	444,6	502,7	638,4	688,9

Tabla 18

Datos de campo para el rendimiento

Nºplantas	Repetición I				Repetición II				Repetición III			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	42,7	51,2	64,9	72,6	42,7	48,4	64,6	60,6	43,8	50,3	65,5	70,3
2	41,7	46,2	69,3	69,4	44,2	50,3	64,5	63,5	44,8	48,3	63,9	68,4
3	43,7	50,3	42,5	73,7	43,8	52,4	65,9	65,6	42,9	49,2	64,2	67,2
4	43,2	52,3	65,5	83,7	46,3	51,9	63,3	68,2	44,8	47,2	65,6	64,6
5	41,8	48,8	64,3	65,8	43,9	48,3	60,2	70,5	43,2	48,3	62,1	58,4
6	40,9	42,0	64,5	73,5	44,8	49,3	64,0	69,4	44,6	50,3	61,9	66,8
7	42,7	53,4	60,3	69,4	47,2	51,8	68,3	63,3	42,9	59,3	64,2	68,3
8	42,2	53,9	73,4	65,2	48,3	52,6	65,6	57,2	46,2	52,2	62,8	80,3
9	43,8	59,2	65,2	68,3	44,9	52,2	69,4	62,9	47,1	49,3	65,9	76,3
10	42,7	48,6	60,5	72,6	46,2	50,9	64,5	73,6	44,3	48,3	62,3	68,3
Promedio	42,5	50,6	63,0	71,4	45,2	50,8	65,0	65,5	44,5	50,3	63,8	68,9

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 3. Manejo de apio en sistema raíz flotante trasplante.



Figura 4. Manejo de apio en sistema raíz flotante oxigenación con compresor de aire.

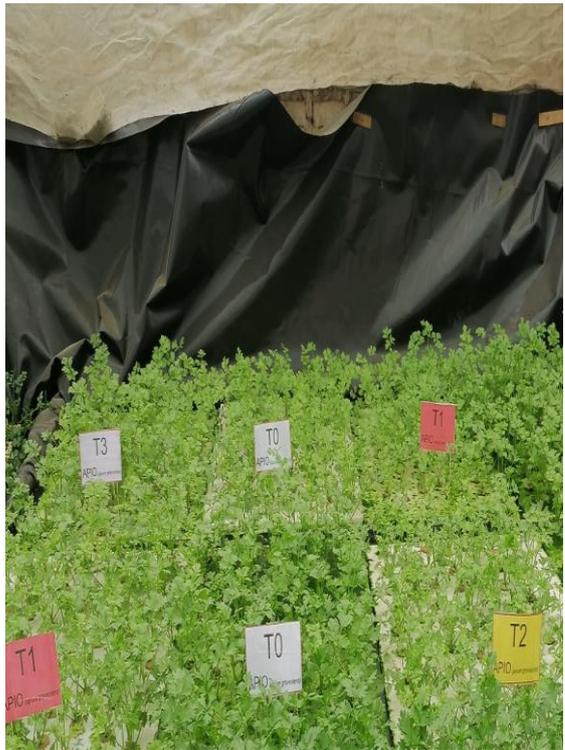


Figura 5. Manejo de apio en sistema raíz flotante tratamientos.

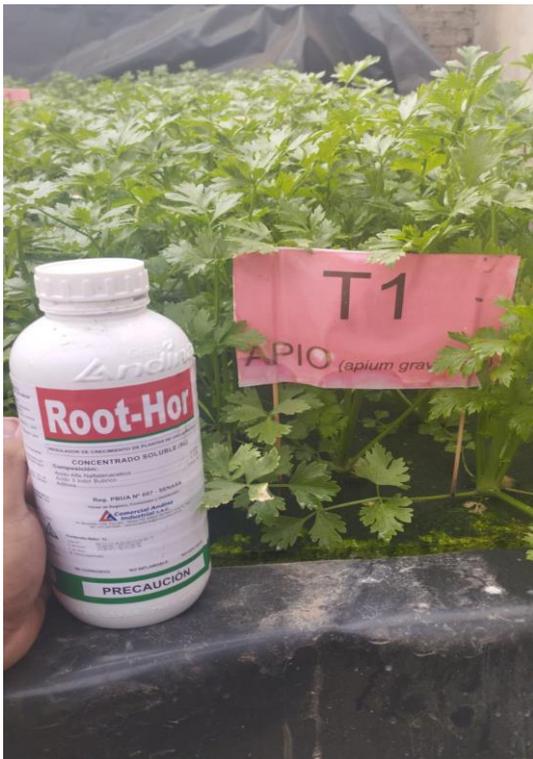


Figura 6. Manejo de apio en sistema raíz flotante biorreguladores de crecimiento.



Figura 7. Manejo de apio en sistema raíz flotante midiendo el PH, CE, TDS y T.



Figura 8. Manejo de apio en sistema raíz flotante.



Figura 9. Manejo de apio en sistema raíz flotante producción.



Figura 10. Evaluaciones de los tratamientos



Figura 11. Tratamiento 2



Figura 12. Tratamiento 3



Figura 13. Tratamiento 4





Figura 14. Pesado de los tratamientos