

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE APIO (*Apium graveolens*)
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE YODO AGRÍCOLA”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR

Christian Eliseo Morales Garcés

TUTOR

Ing. José Hernán Zurita Vásquez

CEVALLOS – ECUADOR

2022

**“BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE APIO (*Apium graveolens*)
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE YODO AGRÍCOLA”**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**JOSE HERNAN
ZURITA
VASQUEZ**

.....
Ing. José Hernán Zurita Vásquez

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**OSCAR
PATRICIO
NUNEZ TORRES**

.....
PhD. Patricio Núñez

.....
14/11/2022

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

.....
Dr. Marco Pérez

.....
14/11/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**RITA CUMANDA
SANTANA MAYORGA**

.....
Ing. Rita Santana

.....
14/11/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **CHRISTIAN ELISEO MORALES GARCÉS**, portador de cédula de ciudadanía número: **1805054408**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final el Proyecto de investigación titulado: **“BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE APIO (*Apium graveolens*) MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE YODO AGRÍCOLA”** es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN ELISEO
MORALES GARCÉS**

CHRISTIAN ELISEO MORALES GARCÉS

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE APIO (*Apium graveolens*) MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE YODO AGRÍCOLA”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES Y HERMANOS

A MIS ABUELOS

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme salud y bienestar y permitirme cumplir mis sueños y metas que es convertirme en Ing. Agrónomo además que mi familia me acompañe en mi formación académica.

A mis amados padres que son y serán el pilar fundamental para cumplir mis metas, quienes día tras día realizan un arduo esfuerzo para verme triunfar además de inculcarme buenos valores y formarme como una persona de bien.

De una manera especial a mis queridos abuelos Francisco, Emítela y Carmen quienes me han acogido en su hogar como un hijo.

De una manera muy especial a mi tutor, amigo el Ing. Hernán Zurita, y a la Ing. Rita Santana quienes siempre estuvo brindándome su apoyo, dedicación y paciencia.

A la Universidad Técnica de Ambato que me abrió las puertas y me permitió seguir mi carrera universitaria.

A mis estimados docentes por compartir sus conocimientos y experiencias en la parte académica.

A mis amigos Catherine, Tatiana, Nayeli, Sebastián, Mijael y Freddy por el constante apoyo que me han brindado en el ámbito personal y académico.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
MARCO TEÓRICO	3
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes Investigativos.....	4
Objetivos.....	5
Objetivos específicos.....	5
Categorías fundamentales	6
El cultivo de apio.....	6
YODO	13
Fuentes de yodo.....	13
Yodo en humanos.....	14
Yodo en animales	14
Yodo en el suelo.....	15
Yodo en las plantas	16
CAPÍTULO II	17
METODOLOGÍA	17
UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	17
Características del lugar	17
EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS	17
Equipos y Materiales	17
FACTORES DE ESTUDIO.....	17
Dosis de yodo agrícola	17
Número de aplicaciones.....	17

TRATAMIENTOS	18
Diseño experimental	18
Hipótesis	18
Manejo del experimento	18
Preparación del terreno.	19
Instalación del sistema de riego por goteo.....	19
Incorporación de enmiendas.	19
Decontaminación del suelo.	19
Trasplante	19
Aplicaciones	19
VARIABLE RESPUESTA.	20
Altura de la planta	20
Número de hojas por planta	20
Color de la planta.....	20
Clorofila	20
Peso de la planta.....	20
Presencia de enfermedades	20
PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	21
CAPÍTULO III.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Altura de la planta	22
Número de hojas	23
Clorofila	23
Peso de la planta.....	25
Presencia de enfermedades	26
Color de la planta.....	27
CAPITULO V.....	28

CONCLUSIONES.....	28
RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	22
Tabla 2.	23
Tabla 3.	24
Tabla 4.	25
Tabla 5.	26
Tabla 6.	27

RESUMEN

El cultivo de apio (*Apium graveolens*), tiene su origen tanto en el Mediterráneo como en el Himalaya y el Caúcaso, en la antigüedad se lo conocía en Egipto y no se lo consumió hasta la edad media, hoy en día es una de las hortalizas que más se consumen en todo el mundo. Los países que más cultivan esta hortaliza son España y Estados Unidos, el primero de ellos exporta su producción a diversos países europeos como Francia, Reino Unido, Suiza y Alemania con una exorbitante cantidad de 52.000 toneladas al año de apio. Se considera como biofortificación al proceso mediante el cual se aplica un determinado micro nutrientes (yodo) para elevar su concentración dentro de una especie vegetal, el método más utilizado para este proceso es la aplicación foliar. El uso de yodo agrícola en las especies vegetales permite prevenir y eliminar problemas fitosanitarios que se presentan durante su cultivo debido a sus diversas propiedades en el control de bacterias, hongos y virus además de ayudar al desarrollo de la planta. En tal sentido en esta investigación se evaluó el efecto del yodo a diferentes dosis y número de aplicaciones durante su ciclo, se evaluó ciertos parámetros tales como (altura de la planta, número de hojas por planta, color de la planta, clorofila, peso de la planta y presencia de enfermedades). Para la altura de la planta el tratamiento D3A1 (4cc x 1 y 4 Aplicaciones) dio el mejor resultado con una altura 35,92cm. Para el número de hojas por planta los tratamientos D3A1 y D1A2 obtuvieron una similitud estadística con 23,13 y 22,47 hojas respectivamente. En lo referente al color de la planta todos los tratamientos presentaron una similitud en cuanto al código verde de color la tabla Munsell (5GY 4/8). En lo referente la cantidad de Clorofila el tratamiento que presentó mayor cantidad fue el tratamiento D3A2 con 1,63ug/g. Para el peso por planta el tratamiento que presentó una diferencia significativa, fue el tratamiento D3A1 con un peso de 164,07gr. En cuanto a la presencia de enfermedades todos los tratamientos presentaron enfermedades foliares causadas por (*Septoria apiicola*).

Palabras clave: apio, biofortificación, clorofila, yodo

ABSTRACT

The cultivation of celery (*Apium graveolens*), has its origin in the Mediterranean as well as in the Himalayas and the Caucasus, in ancient times it was known in Egypt and was not consumed until the Middle Ages, today it is one of the most consumed vegetables worldwide. The countries that grow this vegetable the most are Spain and the United States. The former exports its production to several European countries such as France, the United Kingdom, Switzerland and Germany with an exorbitant amount of 52,000 tons of celery per year. Biofortification is considered as the process by which a certain micro nutrient (iodine) is applied to increase its concentration within a plant species, the most used method for this process is foliar application. The use of agricultural iodine in plant species allows the prevention and elimination of phytosanitary problems that occur during cultivation due to its diverse properties in the control of bacteria, fungi and viruses, as well as helping the development of the plant. In this sense, the effect of iodine at different doses and number of applications during its cycle was evaluated in this research. Certain parameters such as plant height, number of leaves per plant, plant color, chlorophyll, plant weight and presence of diseases were evaluated. For plant height, treatment D3A1 (4cc x 1 and 4 applications) gave the best result with a height of 35.92 cm. For the number of leaves per plant, treatments D3A1 and D1A2 obtained statistical similarity with 23.13 and 22.47 leaves, respectively. Regarding the color of the plant, all treatments showed a similarity in terms of the green color code of the Munsell table (5GY 4/8). Regarding the amount of chlorophyll, the treatment that presented the highest amount was treatment D3A2 with 1.63ug/g. For the weight per plant, the treatment that showed a significant difference was treatment D3A1 with a weight of 164.07 gr. As for the presence of diseases, all treatments presented foliar diseases caused by (*Septoria apiicola*).

Keywords: biofortification, celery, chlorophyllg, iodine

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El cultivo de apio (*Apium graveolens*), tiene su origen tanto en el Mediterráneo como en el Himalaya y el Caúcaso, en la antigüedad se lo conocía en Egipto y no se lo consumió hasta la edad media, hoy en día es una de las hortalizas que más se consumen en todo el mundo. Los países que más cultivan esta hortaliza son España y Estados Unidos, el primero de ellos exporta su producción a diversos países europeos como Francia, Reino Unido, Suiza y Alemania con una exorbitante cantidad de 52.000 toneladas al año de apio lo que le convierte en una fuente económica importante para los agricultores de Murcia (AU, s.f). Además, contribuye sustancialmente diversos beneficios a quien lo consume ya que es fuente de fibra y vitaminas A, C, K, B2 y B5 y nutrientes como sodio y potasio (Pino, 2014).

Se considera como biofortificación al proceso mediante el cual se aplica un determinado micro nutrientes (yodo) para elevar su concentración dentro de una especie vegetal, el método más utilizado para este proceso es la aplicación foliar sin embargo existe otros métodos utilizados para este procedimiento, de los cuales tenemos aplicaciones mediante fertilización edáfica, aplicaciones en drench y mediante soluciones nutritivas en hidroponía) (CIP, 2020).

Uno de los micro minerales que causan daños en la salud de las personas por su insuficiente concentración en especies vegetales de consumo diario es el yodo, el cual provoca problemas de tiroides. Este tipo de problema no solo se presenta en los seres humanos, sino que también se ha podido evidenciar en algunas especies animales como los bovinos. Una de las consecuencias del bajo nivel de concentración de yodo en las especies vegetales es provocada por un desorden de los elementos en el suelo, su empobrecimiento debido a un mal manejo de suelo, producciones intensivas o por una insuficiente concentración de este elemento en el suelo debido a su región (Noguera, 1994).

Niveles bajos de yodo en las plantas ocasiona problemas de baja producción y rendimiento. Una concentración adecuada de yodo en el suelo favorece a las plantas. El yodo se moviliza por las partes aéreas y radicales de la planta y se almacena en las hojas y raíces respectivamente. El yodo es considerado como un micro nutriente el cual al ser aplicado a las plantas estimula el desarrollo del sistema radicular, foliar y favorece en la etapa de producción (floración y fructificación) además permite aumentar la resistencia de las plantas contra el estrés (SQM, 2020).

El uso de yodo agrícola en las especies vegetales permite prevenir y eliminar problemas fitosanitarios que se presentan durante su cultivo, debido a sus diversas propiedades en el control de bacterias, hongos, virus y sus múltiples beneficios como estimulante a la floración, fructificación y amarre de frutos de igual manera en ayuda a incremental las defensas naturales de las plantas, aumento de la actividad fotosintética y permite que otros elementos sean absorbidos por la planta (Cortes et al., 2016).

Antecedentes Investigativos

Batista (2008) demostró en un estudio realizado en Honduras que el yodo al ser aplicado como activador fisiológico en las plantas mejora sustancialmente la producción en el cultivo de frejol además brindándole resistencia contra enfermedades, para lo cual se empleó como fuente de yodo (Nonil Poliglicol Etoxilado Yodo (C35 H63 OI3)), pero al aplicar concentraciones superiores a los 16 ppm provoca problemas de toxicidad, ocasionando un desbalance en la planta.

Leija et al. (2016) menciona que la deficiencia de este micronutriente, es un problema tanto para los humanos como para los animales ocasionando diversas patologías como el hipotiroidismo en humanos y el bocio en los animales especialmente en los bovinos, por lo cual, desde la década de 1920 se realizaron esfuerzos para mitigar este problema , para lo cual optaron por la yodatización universal mediante la utilización de sal de mesa pero con el paso del tiempo quedo demostrado de este método es poco eficiente debido a la volatilización del yodo, optando por la biofortificación de las principales hortalizas de consumo diario.

Velasco (2019) determinó que el consumo excesivo de yodo inorgánico ocasiona problemas de bocio y recomienda el consumo de yodo en formas orgánicas, para lo

cual una de las técnicas más utilizadas es la biofortificación de los cultivos, logrando de esta manera suministrar a la población una fuente segura de yodo, de esta manera pudiendo suplir de manera parcial o total a la fuente suministradora de este micronutriente como lo es la sal de meza.

Zhu et al. (2002) demostró mediante su investigación el efecto que produce las diversas fuentes de yodo (yodato y yoduro) y sus concentraciones (0, 1, 10, 50 y 100 μM en el cultivo de espinaca cultivada en hidroponía, obteniendo como resultado que el yoduro en concentraciones mayores o iguales a 10 μM ocasionaron problemas en el desarrollo normal de la planta, mientras que el yodato ocasionó problemas en la biomasa de la espinaca. Además, menciona que, al elevar las concentraciones de las fuentes de yodo en la solución, aumenta la concentración en el cultivo.

Lehr et al. (1950) menciona los beneficios que posee el yodo al ser empleado en las plantas de tomate de riñón variedad (*Ailsa Craig*), lo cual fue evidenciado en el número de frutas producidas por planta, para este caso se utilizó yoduro, debido a que en esta forma dio mejores resultado en plantas cultivadas en el suelo, mientras que el yodo elemental resulto ser más eficiente en plantas cultivadas en maseta, con esta investigación se demuestra que las concentraciones de aplicación son importantes para el éxito o fracaso al momento de aplicar el yodo.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar la biofortificación del apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de yodo agrícola.

Objetivos específicos

- Establecer la dosis adecuada de yodo agrícola a ser utilizada en el cultivo de apio.
- Determinar el número de aplicaciones de yodo agrícola para el cultivo de apio (*Apium graveolens*).
- Determinar la eficacia que posee el yodo agrícola como micro nutriente y su aplicación en la biofortificación del cultivo de apio.

Categorías fundamentales

El cultivo de apio

Origen y taxonomía

El origen del apio es incierto ya que existen 3 posibles sitios de origen dentro de los cuales tenemos (Cáucaso, Himalaya y la cuenca del Mediterráneo) y su uso en la antigüedad fue la de purificador sanguínea y diurético, no sería hasta el siglo XVI en Italia que se lo considera como una hortaliza de cultivo, lo cual ha perdurado hasta la actualidad, dándole un distinto uso al de la antigüedad enfocándose más a la alimentación humana como un condimento para sopas y guisos. A pesar de ser una especie vegetal ya domesticada también se la puede encontrar de manera natural en los bordes ya sean en acequias y humedales como lagos y lagunas. Esta hortaliza forma parte de los Apiales la cual se allá inmersas dentro del orden de las fanerógamas (Choque, 2021).

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Apiales
Familia	Apiaceae
Género	Apium
Especie	Apium graveolens L.
Nombre científico	Apium graveolens

Morfología del Apio

Entre sus características tenemos que es una planta dicotiledónea y posee una inflorescencia en umbela, un sistema radicular fusiforme con abundantes pelos absorbentes lo que facilita una mayor exploración del suelo y absorción de agua y nutrientes, tallos herbáceos y erecto con hojas compuestas por múltiples folíolos y terminación imparipinada y llegando alcanzar una altura promedio de 1,50 m ya con la inflorescencia en su máximo desarrollo floral. Al apio se le considera como una especie autógena ya que su proceso sexual es desarrollado por si misma. Las flores

blanquecinas dan origen a unos frutos marrones cuando se encuentran maduros a estos se los denomina (diaquenios), el fruto inmaduro libera sustancias aromáticas dando el olor característico del apio por un tipo de canales secretores que están dentro de sus estructuras (**Gamboa, 2021**).

Variedades de apio

La diversidad varietal del apio está dividida según su color por lo cual tenemos variedades verdes y amarillas. La primera presenta una característica rústica y de baja complicación al momento de su cultivo y la segunda son más susceptibles y de mayor riesgo al momento de su cultivo, pero al contrario de las variedades verdes las amarillas son más deseadas por el mercado de consumo en especial el Francés (**InfoAgro, 2012**).

Variedades verdes	Variedades amarillas
De Elne (raza Isel)	Dore Chemin
Pascal	Light
Florida 683	Golden Spartan
Utah-52-70 R	Golden Boy
Repager R. (raza Istar)	Celebrity

Requerimientos edafoclimáticos

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

Luminosidad: Uno de los factores climáticos con mayor importancia para las plantas es la luminosidad, ya que interviene en diversos procesos secuenciales ligados a la luz tales como: fototropismo, se refiere al movimiento que toma la planta por los estímulos de luz azul; fotoperiodismos, está estrechamente relacionado con la absorción de luz roja y roja lejana para lo cual interviene un pigmento llamado fitocromo; fotomorfogénesis, es la capacidad de reacción a las luz azul, roja y roja lejana, estas longitudes de onda están relacionados con los patrones de crecimiento y son contrarios al proceso fotosintético en dicho poseso la luz es utilizada como sustrato

para la producción de energía mediante pigmento conocidos como cloroplastos (Universidad de la Empresa, sin fecha).

Humedad relativa: el cultivo no sufre daño alguno cuando su humedad relativa se encuentra entre 30% a 70% valores alejados del 70% ocasionan daños a las plantas al igual que valores inferiores al 30%.

Suelo: consecuencia de su alta demanda hídrica el apio requiere de suelos con características de retención de humedad, el suelo que cumple con estos requerimientos es el suelo arcilloso.

Ph: durante toda la etapa de cultivo de apio es aconsejable mantener el suelo a un pH de 6-8 (INTAGRI, 2021).

Labores Pre culturales

(Jaramillo, 2013) menciona las labores preculturales que se deben llevar a cabo para antes de establecer el cultivo son:

Preparación del terreno: para roturar el suelo se requiere de maquinaria agrícola especializada, el tractor permite descompactar y airear las capas superficiales del suelo, permitiendo de esta manera una fácil exploración de las raíces del apio en búsqueda nutrientes y agua.

Abonado: las plantas para su desarrollo normal requieren de una gran diversidad de nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc, los cuales son aportados en gran medida por materiales orgánicos tales como los estiércoles de origen animal, de ahí radica la importancia de incorporarlos en los suelos destinados a la agricultura. Incorporar cantidades óptimas de materia orgánica al suelo permitirá un adecuado desarrollo del cultivo ya que tendrá a disposición diversos nutrientes requeridos para sus procesos fisiológicos.

Preparación de surcos: el surcado del suelo se lo realiza en base a la distancia de plantación, es decir el apio se plantará a una distancia de 0,30m entre plantas a doble columna y una distancia de 0,70 entre hileras permitiendo de esta manera un fácil acceso al interior del cultivo de apio.

Instalación del riego: con el avance tecnológico en la agricultura se ha creado nuevos métodos de riego siendo el riego por goteo el que posee la mayor eficiencia,

por lo cual es el más utilizado en los cultivos hortícolas no siendo la excepción el cultivo de apio, al momento de la elección de la manguera o cinta de riego se debe tomar en cuenta la distancia del gotero que concuerde con la distancia entre plantas para facilitar el trabajo.

Decontaminación del suelo: la decontaminación del suelo es una de las prácticas más comunes al momento de establecer el cultivo de apio, debido a que en el suelo se encuentra una gran diversidad de organismos patógenos, el producto más utilizado para este fin es el Captan (Carboxamida), un producto químico sintético, de amplio espectro.

Prácticas culturales.

(Rodríguez, 2015) menciona las labores culturales que se deben llevar a cabo para obtener una buena producción de las cuales tenemos.

Hoyado

Mediante una barra para plantación se realiza en hoyado a la distancia requerida para el apio que es de 0,30m entre planta y planta o a su vez tomando como referencia la posición del emisor o gotero.

Plantación

Se coloca una planta por hoyo introduciéndola hasta el inicio del tallo, y finalmente se le coloca tierra a su alrededor.

Fertilización química y orgánica.

El alto requerimiento de fuentes nutricionales coloca al apio entre las hortalizas con mayor demanda de fertilizantes y abonos orgánicos para su cultivo. Para que la fertilización sea efectiva y llegar a una adecuada concentración de nutrientes disponibles en el suelo se debe contar con el análisis de suelo.

Entre los elementos requeridos por el apio tenemos los siguientes:

ELEMENTO	CANTIDAD REQUERIDA EN KG/HA
Nitrógeno	311,1 Kg/ha
Fósforo	37,1 Kg/ha
Potasio	566,5 Kg/ha
Calcio	147,1 Kg/ha
Magnesio	39,0 Kg/ha

Quispe, 2019

Para la aplicación de enmiendas a base de abonos orgánicos se debe tomar en cuenta las concentraciones y aportes que brindan cada uno de ellos frente al requerimiento del cultivo, por tal motivo uno de los abonos que contiene mayor cantidad de potasio (K) es la Gallinaza con un contenido de 13.3 g/kg seguido del Purín de ganado vacuno con un aporte de 4.2 g/Kg. Otro de los elementos que requiere en mayor cantidad el cultivo es el nitrógeno (N) y las fuentes de origen animal que disponen de este nutriente en mayor cantidad es la Gallinaza con un aporte de 23.0 g/Kg. Seguido del purín de cerdo con un total de 7.0 g/Kg. En el caso del fósforo (P) se puede mencionar a la Gallinaza como la de mayor aporte (**Iglesias, 1995**).

Deshierbe

Mantener un suelo sin arvenses permite el desarrollo normal del cultivo debido a que no existirá competencia entre especies por el: agua, nutrientes, luz y espacio. El apio es de lento crecimiento por ende al momento de su establecimiento y posterior desarrollo debe mantenerse libre de plantas que generen competencia.

Existen diversas formas para controlar la maleza una de las más aplicadas son la Manual mediante la utilización de azadón y la Química en la que se emplean diversas moléculas sintéticas se sirven como herbicidas, se las puede encontrar como productos de contacto y sistémicos el primero de ellos producen una quemazón al contacto y el segundo ingresa por los tejidos conductores de las arvenses produciendo su muerte. Estos productos químicos pueden ser selectivos (al contacto con el cultivo no produce su muerte) y no selectivos (al contacto mata todo tipo de plantas). Se los puede encontrar con su ingrediente activo como: (**CORTEVA, sf**).

Riego

El cultivo de apio es exigente en cuanto al agua se refiere debido a que tiende a sufrir estrés por a escasas de agua durante todo su ciclo, por tal motivo un adecuado suministro hídrico es de suma importancia antes de establecer el cultivo, se lo puede realizar por el método de aspersión como uno más localizado por goteo. Además, requiere de una buena calidad de agua, es decir con una correcta conductividad eléctrica ya que impide la movilización de nutrientes esenciales como es el caso del calcio, el cual evita el corazón negro en el cultivo. Los requerimientos de agua por año son 7.000 m³ de agua por hectárea para un correcto desarrollo del cultivo (**InfoAgro, 2012**).

Cosecha

La cosecha es la fase en la cual hay que tener cuidado para evitar daños del producto, el apio es cosechado una solo debido a su uniforme desarrollo. Una vez cortado se retiran las hojas amarillas, enfermas, y rotas para posteriormente ser empacadas en cajas o atados una de las consideraciones a tomar en cuenta es: cosechar y almacenar bajo condiciones de baja luminosidad para evitar marchitamiento causado por la deshidratación del cultivo, es recomendable almacenarlo en un lugar fresco o colocarlos en envases con agua clorada hasta su transporte.

Manejo de plagas y enfermedades

Plagas

Plaga	Característica	Control Químico
Gusanos grises (<i>Agrotis ssp.</i>)	Se alimenta de las partes aéreas del apio, generalmente en horas de la tarde	Solitrina (<i>Lambdacialotrina</i>)
Mosca del apio (<i>Phylophyllo heraclei</i> L.)	En su estado larval se alimenta del interior de la hoja en su curso realiza galerías de manera sinuosa.	Kañon (clorpirifos + cipermetrina)
Nematodos (<i>Dytilenchus dupsaci</i> Kuehn.)	Su desarrollo foliar se ve reducido y presenta cambios de	NAKAR (Benfuracarb)

coloración (clorosis) y lo más grave deformación.

<p>Acaro rayado (<i>Tetranychus urticae</i>)</p>	<p>Se alimenta de los fluidos internos de la hoja lo que ocasiona un cambio de coloración (clorosis), si el daño es intenso llega a producir la muerte de la planta.</p>	<p>Abamectin (Abamectina)</p>
---	--	--

Enfermedades

Enfermedad	Característica	Control Químico
<p>Cercosporosis (<i>Cercospora apii</i> Fres.)</p>	<p>Es un tizón que afecta a la parte foliar de la planta, se presenta como manchas generalmente de forma circular conforme es su avance se agregan entre sí.</p>	<p>Daconil (Clorotalonil)</p>
<p>Fusarium (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Apii</i>)</p>	<p>Este patógeno se aloja en el sistema vascular de la planta obstruyendo los tejidos conductores. Por lo cual la planta presenta tonalidades cloróticas y una posterior necrosis</p>	<p>Benomyl 50 (Benomilo)</p>
<p>Septoriosis (<i>Septoria apiicola</i> Sepp.)</p>	<p>La transmisión de la enfermedad es mediante semillas. En las hojas produce manchas irregulares con bordes de tonalidad pardo rojizo.</p>	<p>Regnum (Pyraclostrobin)</p>

Sclerotinia (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary)	El hongo afecta a la base de la planta de apio, su presencia se da mediante un micelio de color blanquecido el cual ocasiona un pudrición.	BELLIS (Boscalid Piraclostrobin)	+
Bacterias (<i>Pseudomonas apii</i> Tagger)	Pudrición marrón a oscura según el avance en el cultivo.	Kasumin (Kasugamicina)	

Kenneth, R; Ramírez, J; Castro, O Y Blanco, M. (2018).

YODO

Nombre	Yodo, Iodo
Símbolo	Fe
Configuración eléctrica	(Ar) 3d ⁶ 4s ²
Número Atómico	53
Valencia	+1-3,3,5,7
Masa atómica (g/mol)	126,904
Densidad (g/ml)	4,94
Electronegatividad	1,83
Características	Sólido negro, lustroso y volátil.

Fuentes de yodo

El yodo se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta tierra su concentración varía según la región.

El océano es considerado como la mayor reserva natural de yodo en el planeta seguido del aire y los suelos respectivamente, por lo tanto, las especies que habitan los mares pueden acumular yodo dentro de sus organismos por ejemplo las algas y los peses. El yodo llega a la superficie terrestre mediante la evaporación de los mares y tras precipitarse se acumula en la superficie terrestre, para mantenerse el yodo se une a la materia orgánica quedando disponible para ser absorbidas por las plantas quienes las reservan en su interior (**Lenntech, sin fecha**).

Yodo en humanos

El oligoelemento que permite un correcto funcionamiento de la glándula tiroides es el yodo, se lo suministra al cuerpo cuando lo consumimos diariamente ya sea mediante la sal yodada, vegetales que han crecido en suelos que contienen grandes cantidades de yodo y al consumir especies marinas como los peces y mariscos.

Algunos de los problemas de salud en humanos relacionadas a la deficiencia de yodo se ven reflejados en los niños los cuales presentan: lesiones a nivel del cerebro, desarrollo psicomotor deficiente, bocio, retraso mental, retraso del aprendizaje y infertilidad.

No solo la deficiencia de este oligoelemento causa problemas, como bien sabemos todo fuera de los límites normales llega a causar daño y el caso del yodo no es la excepción provocando alergia en algunos casos.

La manera de corregir esta problemática mundial ha sido la yotización universal mediante la sal yodada la cual ha ayudado en gran manera, su eficacia radica en la manera de consumo, tras ser sometida a altas temperaturas durante la cocción se pierde hasta el 20% de yodo en la sal y los vegetales, los derivados como leche y huevos no son la excepción (OMS, 1994).

Yodo en animales

Hablar del yodo y su importancia en la alimentación animal se da mediante la aparición de deficiencias de yodo que provoca el bocio en bovinos.

En el siglo XIX se encontró una solución viable frente a la deficiencia de yodo en las especies animales, la cual consistía en suministrar sales de yodo a la dieta alimenticia con el fin de corregir el problema. Además, se ha determinado que el yodo se encuentra en mayor cantidad en la tiroides cuando esta funciona normal, al contrario, existe deficiencia de yodo en la glándula cuando esta funciona de manera anormal.

En los últimos 40 años se ha reflejado el interés de investigar la necesidad del yodo en todas las especies animales, es decir su metabolismo, función y necesidad dentro de cada proceso que interviene dentro del organismo, para lograr tal objetivo se

ha recurrido a nuevas técnicas de análisis de precisión y exactitud llegando a cuantificar la más mínima concentración de yodo en los tejidos animales y no obstante en los vegetales. Se ha identificado una relación entre la presencia de bocio en animales y humanos en la misma región donde habitan, esto puede deberse a la ausencia de yodo en el ambiente y en los recursos que requieren ambas especies para subsistir, no se descarta la presencia de agentes bocígenos que promulguen tal anomalía en los animales y humanos.

El bocio producido por falta de cantidades normales de yodo en el organismo animal provoca daños colaterales afectando a la reproducción y fertilidad de los animales en especial a los bovinos además disminuye la producción de leche al igual que el contenido de yodo en la misma esto en el caso de los mamíferos. En aves reduce en gran medida la producción huevera mientras que en los gallos los testículos y la cantidad de espermatozoides es inferior a la normal (**Eric, 1983**).

Yodo en el suelo

La fuente inagotable de yodo se encuentra en el océano y es reincorporado a la atmósfera mediante la evaporación de aguas marinas y llega al suelo mediante la lluvia aumentando de esta manera la concentración de yodo en el suelo, la materia orgánica juega un papel importante en la retención y absorción del yodo en el suelo, como mayor es la cantidad de MO en el suelo mayor será la cantidad de yodo absorbido y puesto a disposición para ser asimilado por el sistema radicular de las plantas. El almacenamiento del yodo se da en la parte radicular y foliar de la planta en forma de yodato (IO_3^-) preferentemente. Se asume que esto es gracias a las sustancias húmicas contenidas en la materia orgánica y microorganismos asociados a estas. La combinación de las sustancias húmicas y los microorganismos como moderadas permiten disminuir la volatilización del yodo retenido en el suelo, esta reacción química se da en forma de yoduro de metilo (CH_3I) debido a la actividad microbiana que realiza en su transformación. La textura del suelo es un factor limitante en la absorción de este elemento por parte de las plantas, en suelos con textura arcillosa la asimilación y absorción del yodo es bastante limitado lo contrario sucede con las demás texturas. En cuanto al pH nos referimos en los rangos 5.4 a 7.6 no se refleja

dificultan alguna en cuanto a la disposición y absorción de este elemento en el suelo y por lo tanto su ingreso a la planta.

La acumulación en el suelo va desde <0.1 hasta 150 mg kg^{-1} esta concentración es superior a la hallada en la roca madre, debido a que el suelo es constantemente suministrado de fuentes de yodo como es el caso de la atmósfera mediante la lluvia proveniente del océano. Como más nos alejamos de las zonas costeras menor será la cantidad de yodo que se encuentre en los suelos y por consiguiente en las plantas.

Yodo en las plantas

La concentración de yodo en las plantas es variable por diversos factores de los cuales tenemos: la especie vegetal, el clima, la región y la época del año.

Otro de los factores es la forma química en la que se suministra el yodo hacia la planta, debido que se reflejara en la cantidad de yodo que pueda almacenar está dentro de sus tejidos, sea determinado una relación de 1:1 en cuanto a la concentración en la planta con el siguiente orden: $\text{CH}_2\text{ICOO}^- > \text{I}^- > \text{IO}_3^-$. Las formas de aplicación del yodo que suelen tener mayor eficiencia son por soluciones nutritivas durante el ciclo de cultivo o vía foliar.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la parroquia Chiquicha, barrio Bellavista perteneciente al cantón Pelileo provincia de Tungurahua.

Características del lugar

La parroquia se encuentra ubicada a 2400 msnm en su parte más baja y 3000 msnm en su parte más alta, la temperatura de la parroquia esta entre los 14 y 16 ° C.

EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

Equipos y Materiales

- Yodo agrícola
- Material vegetal (plántulas de apio)
- Sistema de riego
- Dosificador
- Equipo de aplicación (bomba de mano)

FACTORES DE ESTUDIO

Dosis de yodo agrícola

- ✓ D1= 2cc/ l
- ✓ D2= 3cc/l
- ✓ D3= 4cc/l

Número de aplicaciones

- ✓ A1= 2 Aplicaciones

✓ A2= 4 Aplicaciones

TRATAMIENTOS

N°	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	D1A1	2cc x 1 y 2 Aplicaciones
2	D1A2	2cc x 1 y 4 Aplicaciones
3	D2A1	3cc x 1 y 2 Aplicaciones
4	D2A2	3cc x 1 y 4 Aplicaciones
5	D3A1	4cc x 1 y 2 Aplicaciones
6	D3A2	4cc x 1 y 4 Aplicaciones
7	Testigo	Sin aplicación

Diseño experimental

En la presente investigación se usó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 3X2 + 1 testigo con 3 repeticiones, a continuación, los datos que se obtengan en el campo serán analizados mediante una prueba de Kruskal Wallis 0.5%

Hipótesis

H1= La aplicación de yodo agrícola influye positivamente en el color de la planta, altura de la planta, peso de la planta, cantidad de clorofila y en el estado sanitario del apio.

Manejo del experimento

En lo referente al manejo del experimento se inició con la instalación del sistema de riego por goteo, posteriormente se realizó la preparación del suelo y el trasplante.

Cada uno de los tratamientos constó con su identificación correspondiente. El yodo fue preparado en las concentraciones previamente establecidas para los tratamientos.

Preparación del terreno.

Iniciamos con la eliminación de arvenses y roturación del suelo, para lo cual se utilizará maquinaria agrícola, se realizó 1 de arado 2 pasadas de rastra para tener un suelo más suelto.

Instalación del sistema de riego por goteo.

La instalación se llevó a cabo con la instalación de un tanque de reserva de agua y las respectivas mangueras de goteo, las cuales tuvieron una distancia de 20 cm entre emisores.

Incorporación de enmiendas.

Para enriquecer el suelo se incorporó compost a base de estiércol de gallina, cuyes, conejos y complementado con: carbón, roca fosfórica, cascarilla de arroz y cal agrícola.

Decontaminación del suelo.

La decontaminación del suelo se realizó un día antes de la plantación con los siguientes productos químicos: insecticida (Kañón), funguicida (Captan).

Trasplante

El trasplante se llevó a cabo a partir de las 5 de la tarde con la finalidad de evitar daños por el exceso de transpiración de las plantas debido a las altas temperatura que se dan al medio día.

Aplicaciones

El ciclo de cultivo de apio es de 60 días por lo tanto las aplicaciones se las realizó según las concentraciones a utilizar, para este caso yodo agrícola al 2, 3 y 4 cc por litro, con 2 y 3 aplicaciones en el ciclo. La de dos aplicaciones se las realizó al trasplante a los 15 días después del trasplante del cultivo. La de cuatro aplicaciones se la realizó al trasplante, 15, 30 y 45 días.

VARIABLE RESPUESTA.

Altura de la planta

Se determinó la altura de la planta a la cosecha, se evaluó 5 plantas al azar, midiéndolas desde el ápice de la hoja a la base del tallo para lo cual se utilizó un calibrador (Pie de Rey).

Número de hojas por planta

Se tomó 5 plantas al azar de la parcela neta a la cosecha y se determinó el número de hojas que posee cada planta.

Color de la planta

El color de las hojas de apio se determinó a la cosecha. Se evaluó 5 plantas al azar para lo cual se utilizó una tabla Munsell.

Clorofila

Se determinó la cantidad de clorofila A y B se empleó la metodología utilizada por (Ruiz et al, 2019), la cual consta de la utilización de un espectrofotómetro tomando como blanco la Acetona al 80%.

Peso de la planta

Con la ayuda de una balanza evaluamos el peso de 5 plantas de apio cosechadas al azar.

Presencia de enfermedades

Se determinó la presencia o ausencia de enfermedades (*Septoria apiicola*) en el cultivo de apio a la cosecha de manera visible.

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Los datos obtenidos en campo y en el laboratorio fueron trasladados a Excel 2020, para posteriormente ser procesados en el software estadístico Statistix 10,0.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

En la figura tabla uno se evidenció el efecto del yodo agrícola sobre la altura de la planta de apio (*Apium graveolens*), siendo superior el tratamiento D3A1 que representa a la dosificación de 4cc por litro con 2 aplicaciones por ciclo ubicándose en el (rango a) en el cual se obtuvo una altura promedio de 35.92cm ha comparación del testigo que se ubica al final de la tabla con (rango b) presentando la menor altura de planta con un promedio de 29.67 respectivamente.

Tabla 1.

Prueba de comparación de medias de Kruskal Wallis 5% para la altura de la planta por efecto del yodo agrícola en el cultivo de apio

Altura de la planta final del ciclo		
Tratamientos	Altura (cm)	Rangos
D3A1	35,92	a
D3A2	36,36	ab
D1A2	35,08	ab
D2A2	33,72	ab
D2A1	32,61	ab
D1A1	31,38	ab
Testigo	29,67	b

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

En la investigación realizada por (Cortez, 2016) en el cultivo de pimiento morrón menciona que al utilizado yodo agrícola en aplicaciones foliares favorece en gran medida al crecimiento y desarrollo de la planta, mejorando sustancialmente el área foliar esto se debe en gran medida a la actividad fisiológica del yodo permitiendo la disponibilidad de diversos nutrientes esenciales para un correcto desarrollo de la planta. Cabe destacar que en la mencionada investigación se utilizó como fuente el

yoduro de potasio KI que además de contener yodo posee potasio un nutriente favorable para la formación de azúcares y su transporte por el floema hacia toda la planta.

Número de hojas

En la tabla número dos en la variación del número de hojas por efecto de la aplicación del yodo agrícola se observó que en los tratamientos D3A2 (Dosis 4cc/l y 4 aplicaciones por ciclo) Y D1A2 (Dosis 2cc/l y 4 aplicaciones por ciclo) los dos tratamientos se ubican en el (rango a) con un promedio de número de hojas de 23.13 y 22.47 respectivamente, presentaron diferencias numéricas sin embargo son estadísticamente similares, a diferencia del testigo el cual se ubica en el último lugar de la prueba (rango b) con un promedio de 15.47 hojas

Tabla 2.

Prueba de comparación de medias de Kruskal Wallis 5% para el número de hojas por efecto del yodo agrícola en el cultivo de apio

Numero de hojas a final del ciclo		
Tratamientos	Número de hojas	Rangos
D3A2	23,13	a
D1A2	22,47	a
D3A1	21,27	ab
D2A2	21,27	ab
D1A1	20,73	ab
D2A1	20,80	ab
Testigo	15,47	b

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

Clorofila

En la tabla número tres referentes a la cantidad de clorofila total por efecto de la aplicación del yodo agrícola sobre el cultivo de apio (*Apium graveolens*) en el tratamiento D3A2 (Dosis 4cc/l y 4 aplicaciones por ciclo) presentó el (rango a) siendo el más alto de la tabla con un total de 1,63 ug/g de hoja a diferencia del testigo que

presentó cantidades inferiores de clorofila total con un 0,94 ug/g de hoja lo cual le ubica en lo más bajo de la tabla y con un (rango b).

Tabla 3.

Prueba de comparación de medias de Kruskal Wallis 5% para la cantidad de clorofila por efecto del yodo agrícola en el apio

Cantidad de clorofila total a final del ciclo		
Tratamientos	Clorofila total ug/g	Rangos
D3A2	1,63	a
D3A1	1,59	ab
D2A1	1,60	ab
D1A1	1,43	ab
D2A2	1,33	ab
D1A2	1,23	ab
Testigo	0,94	b

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

(**Ciencia de la planta frontal 2021**) en su investigación menciona el papel que posee el yodo sobre los procesos fisiológicos en las plantas en especialmente su interacción en la fotosíntesis. El yodo puede ser absorbido tanto por las raíces desde la solución del suelo o por la parte foliar ya sea desde el aire o soluciones de yodo aplicadas de manera artificial, en esta última la acumulación de yodo se la da en los cloroplastos siendo la mayor reserva en las hojas. Por lo cual, este elemento permite modificar en gran medida el proceso, induciendo una rápida rotación de la actividad fotosintética, esto se debe a una serie de péptidos yodados de proteínas que forman parte de los complejos moleculares que se encuentran dentro de los cloroplastos (PSII, PSI, Cytb6f y ATPasa). El yodo está estrechamente relacionado con genes ligados a la fotosíntesis, este tipo de genes permite un proceso fotosintético eficiente con lo cual concluye que la suministración de dosis adecuadas de yodo permite que la actividad fisiológica sea eficaz.

Peso de la planta

En la tabla número cuatro se observó diferencia significativa en cuanto al peso por planta, dándonos como resultado una mayor ganancia de peso (164,07 g) en el tratamiento D3A1 (Dosis 4 cc/l y 2 aplicaciones por ciclo) por ende se posiciona en lo más alto de la tabla y con un (rango a) a comparación del testigo que presento un menor peso con un valor de (104,67 g) posicionándose en el rango que corresponde a la posición más baja de la tabla

Tabla 4.

Prueba de comparación de medias de Kruskal Wallis 5% para el peso de la planta por efecto del yodo agrícola

Peso de la planta a final del ciclo		
Tratamientos	Peso (g)	Rangos
D3A1	164,07	a
D3A2	163,07	ab
D1A2	151,53	ab
D2A2	151,27	ab
D1A1	113,00	ab
D2A1	118,13	ab
Testigo	104,67	b

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

(**Ciencia de la planta frontal, 2021**) acota que al usar dosis de yodo por debajo del umbral de daño en las especies vegetales de interés agronómico permitirá una ganancia de biomasa, esto se debe a que el yodo posee propiedades bio estimulantes que actúan a nivel genético permitiendo así su máxima expresión, con lo cual la planta posea una mayor altura, la lámina foliar será más amplia por lo tanto la ganancia de peso será mayor. Además, el yodo es el único halógeno que permite además de producir biomasa tiene la capacidad de estimular la floración temprana, entre otras propiedades tenemos que actúa como micro nutriente esencia.

Presencia de enfermedades

En la tabla número cinco transcurrido la fase de campo, recolección de muestras y toma de datos se observó la presencia de enfermedades en el follaje del cultivo de apio en todos los tratamientos que fueron tratados con yodo agrícola a diferentes dosis y número de aplicaciones incluyendo en el testigo. La enfermedad se dio a manera de manchas a nivel foliar con las siguientes características: manchas semi redondas con halos de color pardo rojizo en las hojas adultas de la planta.

Tabla 5.

Presencia de enfermedades a final del ciclo	
Tratamientos	Presencia
D1A1	si
D1A2	si
D2A1	si
D2A2	si
D3A1	si
D3A2	si
Testigo	si

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

(**Masson, 2018**) menciona a la SEPTORIOSIS (*Septoria apiicola*) como la principal enfermedad que afecta al cultivo de apio tanto en etapas iniciales en la cual llega a causar muerte por necrosis a nivel foliar si no se le aplica controles preventivos. En la etapa de desarrollo de la planta la enfermedad se presenta a manera de semicírculos pardos rojizos en todo el margen de la hoja adulta. Por su parte (**Agroes, 2018**) menciona una gran diversidad de enfermedades en el cultivo de apio que son las siguientes: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) De By, *Septoriosis*, *Cercosporosis* (*Cercospora apii* Fres.), *Mildiu del apio* (*Plasmopara nivea* Schr.), *Phoma*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*. Enfermedades que no se evidenciaron en mi investigación por lo que se asumiría un efecto del yodo sobre las enfermedades antes mencionadas por el autor.

Color de la planta

En la tabla número seis se determinó en color de la planta de apio mediante una tabla Munsell la que nos permitió determinar el color de la hoja en todos los tratamientos dándonos como resultado el código **5GY 4/8** el cual es el valor más alto en lo referente al color verde.

Tabla 6.

Color de la planta a final del ciclo	
Tratamientos	Código tabla Munsell
D1A1	5GY 4/8
D1A2	5GY 4/8
D2A1	5GY 4/8
D2A2	5GY 4/8
D3A1	5GY 4/8
D3A2	5GY 4/8
Testigo	5GY 4/8

Elaborado por: **Christian Morales, 2022**

(**Bioquirama, 2018**) menciona que el yodo tras ser aplicado a los cultivos estimula la formación de clorofila, pigmento característico del tejido verde en la planta además de ser el principal fotosintetizador de la energía lumínica a energía química aprovechable por las plantas. Mediante la traslocación ya sea esta vía foliar o radicular su movilidad dentro de la planta es eficiente permitiendo diversas funciones tales como la síntesis de proteínas de reserva que benefician el desarrollo de la planta, la acumulación del yodo en la parte foliar lo que permite una mayor intensidad en el color de la hoja.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Se valuó la biofortificación del apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de yodo agrícola, una vez realizada la fase de campo y el correspondiente análisis estadístico se obtuvo datos satisfactorios en cuanto a las variables establecidas para su evaluación, con excepción de la variable (presencia de enfermedades) donde los datos no fueron favorables debido al daño foliar causado por (*Septoria apiicola*) que presento la planta de apio en cada tratamiento establecido para su evaluación.

Se estableció la dosis adecuada de yodo agrícola a ser utilizada en el cultivo de apio, dando el mejor resultado 4cc/l en las variables referentes a la altura de la planta con un promedio de 35,92cm, cantidad de clorofila en el tratamiento (D3A2) con un promedio de 1,63 ug/g de hoja, peso de la planta con el tratamiento (D3A1) obtuvo un promedio de 164,07g mientras que en el número de hojas se obtuvo una similitud estadística entre los tratamientos (D3A2) de 4cc/l con un promedio de 23, 13 hojas y el tratamiento (D1A2) 2cc/l con un promedio de 22,47 hojas por planta al final del ciclo.

Se determinó el número de aplicaciones de yodo agrícola para el cultivo de apio (*Apium graveolens*), las aplicaciones que presentaron mejores resultados en las variables establecidas son (D3A1) dos aplicaciones por ciclo dieron el mejor resultado en cuanto a la altura de planta 35,92 cm, (D3A2) 4 aplicaciones por ciclo dieron la mayor cantidad de clorofila con 1,63 ug/g de hoja, (D3A1) 2 aplicaciones por ciclo presento el mejor peso de la planta con 164,07g en cuanto al número de hojas se obtuvo una similitud estadística entre los tratamientos (D3A2) correspondiente a 4 aplicaciones por ciclo con 23, 13 hojas y el tratamiento (D1A2) 4 aplicaciones por ciclo con 22,47 hojas por planta al final del ciclo.

Se determinó la eficacia que posee el yodo agrícola como micro nutriente y su aplicación en la biofortificación del cultivo de apio, los resultados se ven reflejados la eficiencia del yodo en las variables estudiadas las cuales fueron Altura de la planta, número de hojas, cantidad de clorofila, peso de la planta, color de la planta, en excepción de la presencia de enfermedades que no presento eficiencia alguna en cuanto a la prevención y control de (*Septoria apiicola*), cada uno de los tratamientos y

variables estudiadas presentaron efectos satisfactorios en cuanto a las dosis y número de aplicaciones que se realizó al cultivo, sin llegar a ocasionar daños por toxicidad del yodo.

RECOMENDACIONES

Para la bio fortificación del cultivo de apio se recomienda utilizar dosis de 4 cc/l con 2 aplicaciones por ciclo debido que se alcanza un mejor peso y altura de la planta a la cosecha.

Determinar la dosificación que permita controlar las enfermedades que presenta el cultivo de apio. En el actual ensayo el cultivo presentó (*Septoria apiicola*) una de las enfermedades foliares de interés agronómico por el gran daño que ocasiona a nivel del follaje ya que es la principal parte de la planta que es aprovechada por el consumidor.

Se sugiere acondicionar el agua de aplicación mediante la implementación de (reguladores de pH, dureza, adherentes, coadyuvante).

Utilizar la concentración de 4cc/l con diferentes frecuencias de aplicaciones tales como a los 8 y 15 días desde el trasplante del apio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bioquirama Rights Reserved. (2015). Biofortificación con yodo en plantas para consumo humano. <https://bioquirama.com/index.php/es-ES/14-sample-data-articles/96-yodagro>
- Cortés, F., Rodríguez, C., Mendoza, M., Benavides, N., García, A., Cué, J., Tornero, L. y Sánchez, M. (2016). EL YODO AUMENTA EL CRECIMIENTO Y LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO MORRÓN. *Agrociencias*, 50(6) 747-758. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30247467007.pdf>
- 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, 5-7. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25766>
- Eric, J. (1985). Los minerales en la nutrición del ganado. 93-103. Libro.
- Gamboa, S. (2021). Cultivo y manejo del Apio. (*Apium graveolens*), 7-15. <file:///C:/Users/DELL/Downloads/APIO2020.pdf>
- InfoAgro. (2012). EL CULTIVO DEL APIO. <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- INTAGRI. (2021). El cultivo de Apio. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-apio#:~:text=El%20apio%20se%20desarrolla%20mejor,baja%20tolerancia%20a%20la%20misma.>
- Iglesias, L. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_01.pdf
- InfoAgro. (sin fecha). Cultivo de apio. <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- Jaramillo, G. (2013). Mecanización agrícola y fuentes de energía. 3-7. <https://es.scribd.com/doc/138307877/LABORES-PRECULTURALES>

- Kenneth, R., Ramírez, J., Castro, O y Blanco, M. (2018). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE *Fusarium oxysporum f. sp. apii* ASOCIADO A LA MARCHITEZ DEL APIO EN COSTA RICA. *Agronomía Costarricense*, 42(1) 2-8. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/32199-Texto%20del%20art%C3%ADculo-99989-2-10-20180530.html>
- Kiferle, C., Martinelli, M., Salzano, A., Gonzali, S., Beltrami, S., Salvadori, P., Hora, K., Holwerda, H., Scaloni, A. y Perata, P. (2021). Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants. *Front Plant. Frontiers in Plant Science*, 3-7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7925997/#B34>
- Lenntech . (sf). Propiedades químicas del Yodo - Efectos del Yodo sobre la salud - Efectos ambientales del Yodo. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/i.htm>
- Lacastro, Q., y Saul, V. (2019). Efecto de la incorporación de “te” de pollinaza al suelo y follaje en el rendimiento de apio (*apium graveolens*) en la irrigación Majes. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11597/AGqulavs.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Masson. (2018). Apio: plagas y enfermedades. <https://www.phytoma.com/sanidad-vegetal/avisos-de-plagas/apio-plagas-y-enfermedades-octubre-2018>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1994). Iodine and health: eliminating iodine deficiency disorders safely through salt iodination. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/15634/v117n6p561.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, P., Carballo, F., Rodríguez, J., Niño, G., Olivares, E. y Garza, C. (2022). Yodo incrementa la concentración de compuestos fenólicos y pigmentos fotosintéticos en tres cultivares de *Ficus carica* L. sometidos a estrés salino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (28) 310-315. <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3285/5164>

Rodríguez., M. (2015). LABORES CULTURALES Guía para mantener un huerto orgánico y saludable. https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/labores-culturales_web-1.pdf

Universidad de la Empresa. (2018). Fotoperiodismo y control de la floración. Departamento de Recursos Naturales Programa de Semillas Forrajeras, 1-4. https://www.fca-ude.edu.uy/upload/Materiales/FOTOPERIODISMO_interior-0056-0247.pdf