



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA



TEMA

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YODO EN LA GERMINACIÓN DE
SEMILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*).”**

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

AUTOR:

Truman Jeampier Rivera Gaibor

TUTOR:

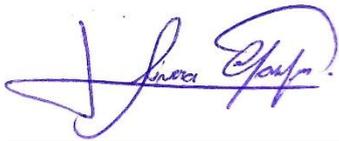
Ing. Msc. José Hernán Zurita Vásquez

Cevallos - Ecuador

2023

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **TRUMAN JEAMPIER RIVERA GAIBOR**, portador de cédula de ciudadanía número: 1805272703, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final el Proyecto de investigación titulado: “**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE YODO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE CACAO** (*Theobroma cacao*).” 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.



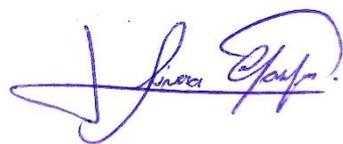
TRUMAN JEAMPIER RIVERA GAIBOR

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YODO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*)**.” 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.



TRUMAN JEAMPIER RIVERA GAIBOR

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YODO EN LA GERMINACIÓN DE
SEMILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*).”**

REVISADO POR:

Ing. Msc. José Hernán Zurita Vásquez

TUTOR

Aprobado por los miembros de calificación:

Fecha

13/03/2023

Ing. PhD Patricio Núñez.
PRESIDENTE TRIBUNAL

13/03/2023

Ing. Jorge Dobronski.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

13/03/2023

Ing. Cristina López.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

A Dios por darme la bendición de tener salud y permitirme seguir con mis estudios, a mis padres Truman y Elsi por todo el apoyo que me han brindado día a día y todos los valores que me han inculcado para ser la persona que hoy soy, a mi hermano Alexis por darme el ejemplo de constancia y superación para cumplir todas las metas propuestas. Esto se lo dedico a todos ustedes por ser mi gran motor de vida que siempre me guía por el camino del bien.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme salud y permitirme continuar con mis estudios y cumplir con esta meta en mi vida, a mis padres que con trabajo duro me apoyaron en todo este tiempo para culminar mis estudios y que siempre estuvieron conmigo en cada momento de este proceso, a mi hermano que me dio un gran ejemplo a seguir y demostrarme que con humildad y esfuerzo todo se puede lograr en esta vida.

A mi tutor Ing. Hernán Zurita quien me brindó el apoyo y me guió en todo el proceso de esta investigación, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por concederme la oportunidad de estudiar en esta institución y proporcionarme los conocimientos adecuados para cumplir esta meta profesional de Ingeniero Agrónomo.

¡A cada uno de ustedes muchas gracias por todo el apoyo!

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Revisión de literatura.....	2
1.2.1. Origen del cacao (<i>Theobroma cacao</i>).....	2
1.2.2. Principales países productores y exportadores cacao.....	2
1.2.3. Generalidades del cacao ecuatoriano.....	2
1.2.4. Generalidades del cultivo.....	3
1.3. Morfología del cacao.....	3
1.3.1. Taxonomía del cacao.....	3
1.3.2. Variedades del cacao.....	4
1.3.3. Composición nutricional de las semillas de cacao.....	4
1.4. Factores edafoclimáticos.....	5
1.4.1. Clima.....	5
1.4.2. Condiciones del suelo.....	5
1.4.3. Siembra.....	5
1.4.4. Cultivo.....	5
1.4.5. Fertilización.....	6
1.5. Yodo.....	6
1.5.1. Generalidades del yodo.....	6
1.5.2. Yodo como bioestimulante.....	6
1.5.3. Administración del yodo en plantas.....	7
1.5.4. Suplemento YONEX.....	7

1.6.	HIPÓTESIS	8
1.7.	OBJETIVOS.....	8
1.7.1.	OBJETIVO GENERAL.....	8
1.7.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO II		9
METODOLOGÍA		9
2.1.	Equipos y materiales.....	9
2.2.	Estudio técnico.....	9
2.2.1.	Ubicación del experimento	9
2.2.2.	Características del lugar.....	9
2.2.3.	Tratamientos	10
2.2.4.	Diseño experimental	11
2.2.5.	Manejo del experimento	11
2.2.6.	Preparación de la semilla	11
2.2.7.	Germinación.....	11
2.3.	Variables respuesta	11
2.3.1.	Tiempo de germinación	11
2.3.2.	Tasa de germinación de las semillas.....	11
2.3.3.	Tasa de mortalidad de las semillas	12
2.3.4.	Altura de la planta.....	12
2.3.5.	Longitud de la raíz	12
2.3.6.	Volumen de raíz.....	12
CAPÍTULO III		13
3.	Resultados	13
3.1.	Tiempo de germinación.....	13
3.2.	Tasa de germinación.....	14
3.3.	Tasa de mortalidad	15

3.4. Altura de la planta	17
3.5. Longitud de la raíz.....	18
3.6. Volumen de la raíz.....	19
CAPÍTULO IV	22
4. Conclusiones	22
5. Recomendaciones.....	32
6. Referencias	23
7. Anexos	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Theobroma cacao</i>	3
Tabla 2. Composición nutricional de semillas de <i>Theobroma cacao L.</i> tras el tostado	5
Tabla 3. Dosis de Yodo Agrícola	10
Tabla 4. Tiempo de Inmersión	10
Tabla 5. Tratamientos del estudio	10
Tabla 6. Análisis de la varianza tiempo de germinación	13
Tabla 7. Test de Tukey al 5% tiempo de germinación.....	13
Tabla 8. Análisis de la varianza tasa de germinación	14
Tabla 9. Test de Tukey al 5% tasa de germinación.....	15
Tabla 10. Análisis de la varianza tasa de mortalidad	16
Tabla 11. Test de Tukey al 5% tasa de mortalidad	16
Tabla 12. Análisis de la varianza altura de la planta.....	17
Tabla 13. Test de Tukey al 5% altura de la planta	17
Tabla 14. Análisis de la varianza longitud de raíz	18
Tabla 15. Test de Tukey al 5% longitud de raíz	19
Tabla 16. Análisis de la varianza volumen de raíz.....	20
Tabla 17. Test de Tukey al 5% volumen de raíz.....	20

RESUMEN

El cacao es una planta de gran importancia económica en todo el mundo, ya que es la materia prima para producir chocolate. Se cultiva principalmente en países cercanos a la línea ecuatorial en todos los continentes, excepto en Oceanía. Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones para optimizar su cultivo y aprovechar al máximo su potencial. Esto puede contribuir a aumentar la producción y mejorar la calidad del cacao, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la economía de los países productores. En este estudio se investigó el efecto de la aplicación de yodo agrícola sobre la germinación de semillas de cacao (*Theobroma cacao*). Se examinaron diferentes aspectos de la germinación, como el tiempo de germinación, la tasa de germinación, la tasa de mortalidad, la altura de la planta y la longitud y el volumen de la raíz. El experimento duró 4 semanas, y se determinó que el yodo agrícola no afectaba el tiempo de germinación de las semillas y que dosis altas de yodo puede afectar de forma negativa a la tasa de germinación y supervivencia de las plantas. Sin embargo, se observó que la inmersión de las semillas en una solución de yodo agrícola al 5% durante 6 horas permitía obtener mejores resultados en términos de altura de la planta, longitud de la raíz y volumen de la raíz.

Palabras clave:

Agronomía, Cacao, Germinación, Suplemento de Yodo.

ABSTRACT

Cocoa is a plant of great economic importance worldwide, as it is the raw material for making chocolate. It is mainly cultivated in countries close to the equator on all continents, except Oceania. Therefore, it is necessary to conduct research to optimize its cultivation and maximize its potential. This can contribute to increasing production and improving the quality of cocoa, which in turn can have a positive impact on the economies of producing countries. In this study, the effect of agricultural iodine on the germination of cocoa (*Theobroma cacao*) seeds was investigated. Different aspects of germination were examined, such as germination time, germination rate, mortality rate, plant height, and root length and volume. The experiment lasted for 4 weeks, and it was determined that agricultural iodine did not affect the germination time of the seeds and that high doses of iodine can negatively affect the germination and survival rates of the plants. However, it was observed that the immersion of seeds in a 5% agricultural iodine solution for 6 hours allowed for better results in terms of plant height, root length and root volume.

Keywords:

Agronomy, Cocoa, Germination, Iodine Supplementation.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Cortés et al. (2016) llevaron a cabo un estudio para determinar si era factible el uso del yodo por vía foliar para promover el crecimiento de plántulas de pimiento morrón. Se planteó la hipótesis de que la aplicación de yodo aumentaría la tasa de crecimiento y el contenido de antioxidantes en las plántulas. Los autores evaluaron la altura de la plántula, el diámetro del tallo, el área foliar y el peso seco, y encontraron un aumento significativo en altura, diámetro del tallo y peso seco con la aplicación de 10 y 15 micromoles de yodo. Además, se observó que las actividades antioxidantes en las plántulas eran proporcionales a las dosis aplicadas, y que las concentraciones de otros elementos en las plántulas también eran positivas. Estos resultados apoyan la hipótesis de que el yodo puede ser beneficioso para el crecimiento y desarrollo de las plántulas de pimiento morrón.

Quinto, (2017) en su investigación para evaluar el efecto de tres diferentes dosis de yodo en diferentes días de aplicación en el control de enfermedades del arroz, así como en la altura de la planta y en el número de macollos y espigas indica que los resultados fueron positivos, ya que se observó una menor incidencia de rizoctonia y un menor manchado de las espigas con una dosis de 0.75 L/ha. Sin embargo, en cuanto a la altura de la planta no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, con un promedio general de 1.38 metros. En el número de macollos, en cambio, sí se observaron diferencias, con un mayor número de macollos en las aplicaciones de 10 y 20 días, con una cantidad de 362 y 333 macollos, respectivamente.

En su investigación, Incrocci et al. (2019) comparó distintas especies de albahaca dulce (*Ocimum basilium*) con diferentes niveles de tolerancia al yodo en experimentos hidropónicos. En particular, compararon la tolerancia de la especie Tigullio de hojas verdes y la especie Red Rubin de hojas moradas, y encontraron que Red Rubin mostró una mayor tolerancia al yodo en los tejidos foliares. Sin embargo, cuando se aplicaron dosis superiores a 50 uM de yoduro de potasio, se observó una disminución en el área foliar, la altura y la materia seca total de la planta. Estos resultados sugieren que ambas

especies responden negativamente a un alto contenido de yodo en las hojas, lo que afecta negativamente la fotosíntesis.

En su investigación, Sabatino et al. (2021) evaluaron los efectos de la pulverización de yodo en distintas concentraciones en plantas de escarola rizada. Se encontró que la mejor concentración para las variables de peso fresco y altura del cogollo, diámetro del tallo y contenido de sólidos solubles fue de 250 mg/L. Además, se observó un aumento en la concentración de ácido ascórbico, así como en los tejidos vegetales un aumento en la concentración de fructosa y glucosa con la dosis mencionada anteriormente. Estos resultados sugieren que la pulverización de yodo en esa concentración es beneficiosa para el crecimiento y desarrollo de las plantas de escarola rizada.

1.2. Revisión de literatura

1.2.1. Origen del cacao (*Theobroma cacao*)

El cacao es una planta originaria de América cuyo origen exacto se encuentra actualmente en discusión, no obstante, la evidencia apunta que fue llevada de zonas tropicales de Centroamérica a regiones de Sudamérica mediante la migración de las poblaciones nómadas indígenas que usaban las semillas como alimento (Quintero y Wehbe, 2017).

1.2.2. Principales países productores y exportadores cacao

A pesar de que el cacao es originario del continente americano, los principales productores de cacao se encuentran fuera de este territorio, siendo que los 3 países con mayores exportaciones de cacao al año son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia, con producciones de 1449, 835 y 778 miles de toneladas al año respectivamente (Quintero y Wehbe, 2017).

1.2.3. Generalidades del cacao ecuatoriano

En el Ecuador el cultivo de cacao se realiza a gran escala desde 1623, originándose en con plantaciones alrededor del Rio Guayas, Daule y Babahoyo, donde se acuña el término “Arriba” el cual en la actualidad se emplea para identificar una cualidad de sabores y aromas característicos de la variedad nacional de cacao ecuatoriano presente en el 70% de los cultivos exportados (INIAP, 2022; Samaniego et al., 2020)

1.2.4. Generalidades del cultivo

La planta del cacao se cultiva en suelos ubicados entre los 0 a 800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) con clima húmedo tropical a temperaturas promedio de 25°C, la zona debe recibir precipitaciones anuales promedio de entre 1700 a 2500mm con humedad relativa de alrededor del 75%, los suelos deben ser de tipo franco con un pH de entre 5,5 a 7.0 con inclinaciones de entre 1° a 45° (Dubón et al., 2021).

1.3. Morfología del cacao

La planta de cacao tiene una longitud de 4 a 8 metros pudiendo alcanzar hasta los 12 metros de altura, es un árbol perenne con corteza café grisácea cuyas ramas presentan vellosidades, sus hojas son coráceas simples con base redondeada, sus flores son de tipo pentámeras, hermafroditas, actinomorfas y de alrededor de 2cm de diámetro, el fruto es una baya de color púrpura o amarilla con una longitud de 20 a 35cm de largo, 7cm de ancho y un peso de entre 200 a 1000g, dentro del fruto se encuentran las semillas de color café-rojizo con longitudes de entre 20 a 50mm de largo y 12 a 16mm de ancho (Noles, 2020).

1.3.1. Taxonomía del cacao

La clasificación taxonómica del cacao (*Theobroma cacao*) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Theobroma cacao*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Género	Theobroma
Especie	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (Samaniego et al., 2020)

1.3.2. Variedades del cacao

Las variedades del cacao se distinguen por sus características morfológicas del fruto, su origen geográfico y características organolépticas como el olor y aroma, las 4 variedades principales son Forastero, Criollo, Trinitario y Nacional Ecuatoriano.

El cacao de tipo forastero es la variedad más cultivada, representando alrededor del 90% del cultivo mundial debido a su alto rendimiento de producción, presenta semillas pequeñas, con superficie plana y cotiledones de color violeta, además de presentar cierta astringencia debido a una alta concentración de antocianinas, también es conocido como cacao ordinario (Predan et al., 2019).

El cacao criollo es la variedad más antigua conocida, producida únicamente en Centroamérica, Venezuela y ciertas poblaciones de Asia. Se caracteriza debido al color amarillo o rojo del fruto maduro, con la presencia de semillas grandes, cotiledones de color blanquecino, estas plantas suelen ser bastante sensibles al estrés generado por plagas o cambios en el clima además de tener un rendimiento de cultivo bajo (Aprotosoie et al., 2018).

La variedad trinitaria es una hibridación entre las variedades forastero y criollo, su nombre proviene de la región de Trinidad, lugar donde se originó esta variedad. Al igual que la variedad de cacao criollo esta suele ser sensible al estrés causado por cambios climáticos además de ser susceptible a plagas y enfermedades que afectan a ambas variedades (Vera y Santana, 2017).

El cacao Nacional Ecuatoriano, se produce únicamente en las regiones tropicales del Ecuador, este se caracteriza por poseer semillas de color púrpura, además de presentar un perfil de sabor catalogado como “Arriba” con características bastante demandadas en el mercado internacional, representando aproximadamente el 10% de la producción mundial de chocolate negro (Aprotosoie et al., 2018).

1.3.3. Composición nutricional de las semillas de cacao

Las semillas de cacao poseen una alta concentración de nutrientes, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2. Composición nutricional de semillas de *Theobroma cacao* L. tras el tostado

Componentes	Contenido/100g
Agua	2 g
Proteínas	11,8 g
Grasas	52 g
Azúcares	1,5 g
Fibra	9,3 g

Fuente: (Roperro, 2021)

1.4. Factores edafoclimáticos

1.4.1. Clima

El clima ideal para el cultivo de cacao es el denominado bosque húmedo tropical, a una altitud de entre 150 a 500 m.s.n.m con una temperatura promedio de 24-26°C, con variaciones entre el día y la noche menores a 9°, precipitaciones de 2800 a 3500 mm anuales además de una humedad relativa que de entre 70 a 80% (Calva y Ramírez, 2021).

1.4.2. Condiciones del suelo

Los mejores suelos para el cultivo de cacao son suelos francos, con gran cantidad de materia orgánica, buen drenaje, con un pH óptimo de entre 6,5 a 7,5 y pendiente de hasta 45° de inclinación además de presentar una profundidad de entre 1-1,5m para un correcto desarrollo de las raíces además que se debe evitar suelos con altas concentraciones de cadmio, debido a que esta planta absorbe este tipo de elementos y los almacena en sus frutos (Calva y Ramírez, 2021; Dubón et al., 2021).

1.4.3. Siembra

El método más fácil y económico de sembrar cacao es mediante propagación generativa, donde se emplean las semillas maduras sin secar, estas semillas tienen una tasa de germinación del 90%, la siembra puede realizarse directamente en el suelo o con ayuda de un vivero, en caso de realizarse en vivero lo más común es realizarlo en sustratos como turba, perlita o humus, la siembra debe realizarse con el hilum de la semilla apuntando hacia abajo a una profundidad de 10 a 20mm (Calva y Ramírez, 2021; Dostert et al., 2018).

1.4.4. Cultivo

El cacao puede cultivarse en las modalidades de monocultivo, así como en plantaciones forestales o cultivos frutales intercalados como madreño, plátano, caoba o árboles que

produzcan sombra. Es muy importante que el cacao sea cultivado con sombra, dado que esto favorece el correcto desarrollo de la planta. La plantación se realiza en época de lluvias sobre el suelo húmedo, las plantas se cultivan con una distancia mínima de 2,5m entre cada planta (Dostert et al., 2018; Dubón et al., 2021) .

1.4.5. Fertilización

Generalmente se emplean fertilizantes comerciales ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, enriquecidos con hierro, zinc y boro en cantidades de 500 kg/hectárea al año, además que se puede complementar con la adición estiércol para aumentar la cantidad de componentes orgánicos en el suelo (Dostert et al., 2018).

1.5. Yodo

1.5.1. Generalidades del yodo

El yodo es un elemento puro de la tabla periódica ubicado en el grupo de los halógenos, este elemento es empleado generalmente en soluciones de sales que contienen este elemento, tiene varias aplicaciones conocidas en el campo de la medicina y nutrición siendo empleado para la generación de soluciones antisépticas y suplementación alimenticia, se encuentra en abundancia en compuestos como sales más no es posible encontrarlo en estado puro o elemental en la naturaleza, la mayor fracción de yodo en el planeta se encuentra en el mar y suelos cercanos a mares en concentraciones de hasta 150mg/Kg (López, 2022). El yodo se usa ampliamente como una sustancia desinfectante para el tratamiento de heridas, así como también para eliminar contaminantes en material vegetal, en usos más orientados a la Agronomía se suele emplear en soluciones como microbicida con actividad sobre patógenos como hongos, bacterias y nematodos (Sierra Gros et al., 2022).

1.5.2. Yodo como bioestimulante

El yodo es un elemento necesario para el correcto funcionamiento del metabolismo humano, sin embargo, no es fundamental para el desarrollo de plantas por lo que la disponibilidad de yodo en suelos no es un factor determinante para el crecimiento o germinación de las mismas (Izydorczyk et al., 2021). No obstante, se han realizado estudios donde se administran soluciones de yoduros o yodatos sobre semillas de plantas como *Solanum betaceum* beneficiando la germinación, esto se refleja aumentando el índice de germinación pasando de un índice de germinación de un 70% sin tratamiento a un índice del 90% de germinación con la adición de yodo (Golubkina et al., 2021). El

yodo como un elemento bioestimulante tiene varias reacciones anabólicas en el crecimiento del almacenamiento de proteínas y como un catalizador enzimático que activa la creación de clorofila aumentando los niveles de azúcares para obtener una mejor producción en el rendimiento de las plantas (F. Torres y Zurita, 2022).

1.5.3. Administración del yodo en plantas

Se conoce que la presencia de yodo en los suelos es beneficiosa debido a que aumenta la fijación de compuestos orgánicos e inorgánicos, además de retener compuestos volátiles, la concentración de yodo también está relacionada con la concentración de materia orgánica dado que las interacciones entre compuestos yodados y orgánicos obteniendo como resultados compuestos aromáticos con radicales de yodados (Duborská et al., 2021). Existen varios estudios donde se aplica yodo en forma de yoduro (KI) o yodato (KIO₃) o yodo libre sobre plantas para estimular el crecimiento y absorción de este elemento en la planta, sin embargo, los principales estudios se centran en que la planta absorba el yodo dentro de sus hojas para posteriormente ser consumidas y proveer la suplementación de yodo necesaria en la dieta humana. El yodo libre impulsador fisiológico con doble actividad, aumenta la productividad y beneficia al incremento de las capacidades inmunológicas brindando fortaleza natural a las plantas que actúa sobre cada parte de las mismas, además ayuda que tengan un incremento en la absorción de nutrientes y aumenta la actividad de floración, en frutos ayuda a elevar la formación de azúcares (Puccinelli et al., 2021).

1.5.4. Suplemento YONEX

El fabricante del suplemento de yodo empleado en el presente estudio bajo el nombre comercial de “YONEX” menciona que dicho producto contiene una forma de yodo denominada yodo libre, cuya formulación está prevista para su aplicación foliar y radicular, además de presentar compatibilidad con la mayor parte de compuestos, biocidas como fungicidas, insecticidas y plaguicidas, además de contraindicar el uso en conjunto de aceites minerales, soluciones de tipo alcalina (pH >8) o compuestos dinitro (Agrizon, 2022).

1.6. HIPÓTESIS

H1= La aplicación de yodo agrícola puede estimular una destacada germinación de las semillas de cacao (*Theobroma cacao*).

Ha: La aplicación de yodo agrícola no influye sobre la germinación de las semillas de cacao (*Theobroma cacao*).

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de yodo en la germinación mediante la aplicación directa de yodo agrícola a las semillas de cacao (*Theobroma cacao*).

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la dosis adecuada de yodo agrícola en la germinación de semillas de cacao.
- Definir el tiempo apropiado de inmersión en yodo agrícola de las semillas de cacao.
- Determinar el tiempo de germinación de las semillas que fueron sometidas al yodo agrícola.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Equipos y materiales

- Yodo agrícola
- Bandejas de germinación
- Dosificador
- Fundas de polietileno
- Cinta métrica
- Vaso de precipitación

2.2. Estudio Técnico

2.2.1. Ubicación del experimento

La investigación tendrá lugar en la parroquia San José del Tambo ubicada en el cantón Chillanes de la provincia Bolívar en las coordenadas $1^{\circ}57'19.9''S$ $79^{\circ}14'21.1''W$ (-1.9555370, -79.2391920).

2.2.3. Características del lugar

La parroquia San José del Tambo del cantón Chillanes se encuentra a una altitud de los 300 metros sobre el nivel del mar, su clima es subtropical con una temperatura promedio de 25 °C y su principal medio de economía es la agricultura y la ganadería.

Factores en estudio

Para la presente investigación los factores de estudio son:

Tabla 3. Dosis de Yodo Agrícola

Factor	Dosificación
D1	1%
D2	5%
D3	10%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Tiempo de Inmersión

Factor	Duración
H1	6 Horas
H2	12 Horas
H3	24 Horas

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Tratamientos

Se emplearon 10 tratamientos los cuales se especifican en la siguiente tabla

Tabla 5. Tratamientos del estudio

Tratamiento		Características	
		Código/Nombre	Descripción
T1	1	D1H1	1% y 6 horas
T2	2	D1H2	1% y 12 horas
T3	3	D1H3	1% y 24 horas
T4	4	D2H1	5% y 6 horas
T5	5	D2H2	5% y 12 horas
T6	6	D2H3	5% y 24 horas
T7	7	D3H1	10% y 6 horas
T8	8	D3H2	10% y 12 horas
T9	9	D3H3	10% y 24 horas
T10	Testigo	Testigo	Sin aplicación

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5. Diseño experimental

El diseño se lo realizó en bloques completos al azar en un arreglo factorial de 3x3+1 Testigo, posteriormente los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza para posteriormente aplicar una prueba de Tukey al 5%.

2.2.6. Manejo del experimento

El manejo del experimento se lo realizó con la extracción de semillas de la mazorca de cacao, continuando con el proceso de inmersión de las misma en yodo agrícola, teniendo en cuenta las diferentes concentraciones y tiempos en las que van a estar sumergidas cada una respectivamente.

2.2.7. Preparación de la semilla

Se seleccionó mazorcas en estado de madurez fisiológica para la obtención de mejores semillas, se procedió a cortar las mazorcas con un machetillo, a continuación, se extrajeron para realizar la limpieza el mucilago de cada semilla, con agua y se secó al sol, con el fin de que el yodo agrícola pueda tener un efecto en las mismas.

2.2.8. Germinación

Una vez que las semillas fueron sometidas a la inmersión de yodo agrícola, se procedió a introducirlas en sustrato (hojas secas de cacao en un 60% y gallinaza en un 40%), las mismas que se colocaron en condiciones de 50% de sombra con humedad relativa del 80% y a temperatura 23°C para su germinación.

2.3. Variables respuesta

2.3.1. Tiempo de germinación

Se tomó en consideración el tiempo que tarda en germinar las semillas de cacao, tomando datos en días y horas en los que se tardaron en emerger los cotiledones.

2.3.2. Tasa de germinación de las semillas

Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas sometidas a las diferentes concentraciones de yodo agrícola.

2.3.3. Tasa de mortalidad de las semillas

Se calculó la tasa de mortalidad de las semillas de cacao con relación a la tasa de germinación.

Después de 4 semanas de germinación se escogió 5 plantas por cada tratamiento para determinar cada variable respuesta.

2.3.4. Altura de la planta

Para determinar la altura de cada planta se empleó una cinta métrica en centímetros para tomar datos de la altura de cada planta.

2.3.5. Longitud de la raíz

Para tener los datos de la longitud de raíz se empleó una cinta métrica en centímetros.

2.3.6. Volumen de raíz

Se utilizó el método volumétrico para determinar el volumen de la raíz, con ayuda de una probeta de 500ml que contenga 300cc de agua.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3. Resultados

3.1. Tiempo de germinación

Se midió el tiempo que tardó en germinar las semillas de cacao desde el momento que se colocó en el sustrato hasta que se presentaron los cotiledones de las semillas, el tiempo fue contabilizado en días, posteriormente los datos fueron procesados estadísticamente con un análisis de varianza y prueba de comparaciones de Tukey al 5%

Tabla 6. Análisis de la varianza para la variable tiempo de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tiempo de Germinación	30	0,24	0,00	12,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,30	9	0,70	0,70	0,7018
Tratamiento	6,30	9	0,70	0,70	0,7018
Error	20,00	20	1,00		
Total	26,30	29			

Tabla 7. Test de Tukey al 5% para la variable tiempo de germinación

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,89130

Error: 1,0000 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
D2H1	7,00	3	0,58	A
D3H1	7,00	3	0,58	A
D1H1	7,00	3	0,58	A
D3H2	8,00	3	0,58	A
D3H3	8,00	3	0,58	A
TESTIGO	8,00	3	0,58	A
D1H2	8,00	3	0,58	A
D1H3	8,00	3	0,58	A
D2H2	8,00	3	0,58	A
D2H3	8,00	3	0,58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el análisis de varianza se pudo identificar que el p-valor obtenido es superior a 0,05 por lo tanto se infiere que no existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, posteriormente al realizar el test de Tukey al 5% se observa que las medias de tratamientos ubican en un solo grupo estadístico, confirmando que no existe una

diferencia estadísticamente significativa sobre las medias del tiempo de germinación en cada tratamiento.

Noles, (2020) menciona que el tiempo para la germinación de semillas de cacao es de entre 6 a 10 días, por lo tanto, en base a los resultados obtenidos en el presente estudio los cuales se encuentran dentro de este rango y al no existir una diferencia significativa entre los tratamientos se puede inferir que la aplicación de un suplemento de yodo en las frecuencias de aplicación y concentración estudiadas no afectan al tiempo de germinación de las semillas de cacao.

3.2. Tasa de germinación

El primer parámetro medido fue la tasa de germinación, donde se contó el número de semillas que fueron capaces de desarrollar su embrión en forma exitosa, esta tasa se expresó en porcentaje para posteriormente ser aplicado un análisis de varianza y una prueba de comparaciones Tukey para agrupar los tratamientos estadísticamente similares bajo una misma clasificación.

Tabla 8. Análisis de la varianza para la variable tasa de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa de Germinación	30	0,81	0,73	4,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	9	0,02	9,65	<0,0001*
Tratamiento	0,17	9	0,02	9,65	<0,0001*
Error	0,04	20	2,0E-03		
Total	0,21	29			

Tabla 9. Test de Tukey al 5% para la variable tasa de germinación

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12930

Error: 0,0020 gl: 20

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>			
D2H1	100%	3	0,03	A		
D1H3	100%	3	0,03	A		
D1H1	100%	3	0,03	A		
D1H2	100%	3	0,03	A		
D2H2	97%	3	0,03	A		
D2H3	97%	3	0,03	A		
TESTIGO	97%	3	0,03	A		
D3H1	93%	3	0,03	A	B	
D3H2	77%	3	0,03		B	C
D3H3	77%	3	0,03			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza ANOVA al mostrar un p-valor inferior a 0,01 en efecto existe una diferencia estadística significativa entre cada tratamiento, posteriormente al aplicar el test de Tukey a los datos estos se agrupan en 3 grupos estadísticamente diferentes, siendo que los tratamientos en el grupo A y el tratamiento que aparece en el grupo B tienen una mejor tasa de germinación que los hallados en el grupo C, por lo cual es acertado afirmar que los tratamientos D3H3 (10% y 24 horas) y D3H2 (10% y 12 horas) son contraproducentes para la germinación de las semillas.

López y Gil (2017) mencionan en su estudio sobre la germinación de semillas de cacao que la tasa de germinación del cacao se encuentra alrededor del 89% por lo que en contraste a los resultados de la presente investigación donde las tasas de germinación se encontraron por encima del 90% con excepción 2 tratamientos considerados como contraproducentes, se puede inferir que la aplicación del suplemento de yodo permite aumentar la tasa de germinación, no obstante, el tratamiento testigo también presenta una alta tasa de germinación, por lo que, es más acertado afirmar que existe una alta probabilidad de que las semillas usadas son de calidad superior o que los cuidados del experimentador influyeron positivamente sobre la tasa de germinación de las semillas.

3.3.Tasa de mortalidad

Se realizó el conteo de las plántulas que tras una germinación exitosa posteriormente fueron muriendo al paso de los días y se expresó en porcentaje para obtener sus medias y realizar el respectivo análisis estadístico ANOVA junto con la prueba Tukey.

Tabla 10. Análisis de la varianza para la variable tasa de mortalidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tasa de Mortalidad	30	0,81	0,73	78,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	9	0,02	9,65	<0,0001
Tratamiento	0,17	9	0,02	9,65	<0,0001
Error	0,04	20	2,0E-03		
Total	0,21	29			

Tabla 11. Test de Tukey al 5% para la variable tasa de mortalidad

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12930

Error: 0,0020 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
D2H1	0%	3	0,03	A		
D1H3	0%	3	0,03	A		
D1H1	0%	3	0,03	A		
D1H2	0%	3	0,03	A		
D2H3	3%	3	0,03	A		
D2H2	3%	3	0,03	A		
TESTIGO	3%	3	0,03	A		
D3H1	7%	3	0,03	A	B	
D3H2	17%	3	0,03		B	C
D3H3	23%	3	0,03			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de varianza al mostrar un p-valor inferior a 0,01 indica que existe una diferencia estadística significativa entre cada tratamiento, posteriormente al aplicar el test de Tukey a los datos estos se agrupan en 3 grupos estadísticamente diferentes, siendo que los tratamientos en el grupo A y el primer tratamiento que aparece en el grupo B tienen una tasa de mortalidad más baja mientras que los tratamientos D3H2 (10% y 12 horas) y D3H3 (10% y 24 horas) presentan una tasa de mortalidad mucho más alta, corroborando que al igual que con la tasa de germinación, estos tratamientos sean contraproducentes para el desarrollo de las plantas, además se puede inferir en base a los tratamientos del grupo A, que la implementación de yodo en dichos tratamientos no afectan a la tasa de mortalidad de forma significativa al encontrarse el tratamiento testigo dentro de dicho grupo.

(Cuvi et al., 2018) menciona en su estudio sobre el efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de semillas de cacao, que la tasa de mortalidad en plántulas de cacao fue de alrededor del 3% en su mejor tratamiento, por lo que se puede afirmar que el sustrato empleado en este estudio es altamente nutritivo dado que el tratamiento testigo cuenta con una tasa de mortalidad del 3%, además que se descarta a la composición del sustrato como un posible factor que pueda afectar los resultados obtenidos, confirmando que efectivamente, los tratamientos D3H2 y D3H3 son perjudiciales para las plántulas de cacao.

3.4. Altura de la planta

Se midió la altura de las plantas al momento de finalizar el experimento, esta medición se expresó en centímetros (cm), de los datos recabados se realizó una prueba de varianza ANOVA y el correspondiente test de Tukey para agrupar los tratamientos estadísticamente similares.

Tabla 12. Análisis de la varianza para la variable altura de la planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de la Planta	30	1,00	1,00	0,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60,78	9	6,75	2389,01	<0,0001*
Tratamiento	60,78	9	6,75	2389,01	<0,0001*
Error	0,06	20	2,8E-03		
Total	60,83	29			

Tabla 13. Test de Tukey al 5% para la variable altura de la planta

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15372

Error: 0,0028 gl: 20

Tratamiento	Mediasn	E.E.	
D2H1	26,3	3	0,03 A
D1H1	25,7	3	0,03 B
D1H2	25,0	3	0,03 C
D2H2	24,8	3	0,03 D
D1H3	24,6	3	0,03 E
D2H3	24,2	3	0,03 F
D3H1	23,5	3	0,03 G
D3H2	22,7	3	0,03 H
D3H3	22,2	3	0,03 I
TESTIGO	21,8	3	0,03 J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Mediante la aplicación de la prueba ANOVA sobre las medias de las alturas obtenidas con la aplicación de los diferentes tratamientos se identificó que el p-valor es menor a 0,01 considerándose que existe una diferencia estadística significativa, posteriormente se realizó el test de Tukey que agrupó a cada tratamiento en un grupo distinto, lo que indica que ningún resultado es similar a otro, además se infiere que todos los tratamientos afectan positivamente a la altura de la planta dado que el tratamiento testigo tiene la media más baja, mientras que el tratamiento con mejores resultados fue el tratamiento D2H1 (5% y 6 horas) con una altura media de 26,31 cm.

El crecimiento de las plantas de cacao esta predeterminado por las condiciones ambientales a las que están expuestas al momento de su desarrollo como disponibilidad de nutrientes, humedad, pH del suelo y temperatura (Dubón et al., 2021) por lo tanto, al tener las plantas del estudio las mismas condiciones ambientales es posible afirmar sin lugar a duda que el uso de yodo sobre el sustrato afecta a la altura de la planta en forma positiva.

3.5. Longitud de la raíz

A la par de la medición de la altura de la planta también se realizó la medición de la longitud de las raíces, estos valores se expresaron en cm para su posterior procesamiento obteniendo medias, realizando un análisis ANOVA y una prueba de Tukey.

Tabla 14. Análisis de la varianza para la variable longitud de raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de la Raíz	30	1,00	1,00	0,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,47	9	1,16	855,43	<0,0001*
Tratamiento	10,47	9	1,16	855,43	<0,0001*
Error	0,03	20	1,4E-03		
Total	10,50	29			

Tabla 15. Test de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10663

Error: 0,0014 gl: 20

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
D2H1	8,7	3	0,02	A
D1H1	8,4	3	0,02	B
D1H2	8,2	3	0,02	C
D2H2	8,2	3	0,02	C
D1H3	8,0	3	0,02	D
D2H3	7,7	3	0,02	E
D3H1	7,5	3	0,02	F
D3H2	7,1	3	0,02	G
D3H3	7,0	3	0,02	H
<u>TESTIGO</u>	<u>6,9</u>	<u>3</u>	<u>0,02</u>	<u>H</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Con la aplicación de test ANOVA se obtuvo que existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, donde se comprobó con el test Tukey que arrojó 8 grupos estadísticamente diferentes, dentro de los cuales el grupo A con un solo tratamiento correspondiente a D2H1 (5% y 6 horas) presentó la mayor media en longitud en comparación con los demás tratamientos, además que el tratamiento D3H3 (10% y 24 horas) comparte grupo con el tratamiento Testigo por lo cual se puede afirmar que dicho tratamiento no tiene un efecto significativo sobre la longitud de las raíces.

La afirmación de la suplementación de yodo sobre las semillas tiene sentido debido a que la longitud de la raíz de una planta está sujeta a varios factores presentes en sustrato donde se cultiva y entre dichos factores se encuentra el nivel de micronutrientes presentes como el yodo (Cuvi et al., 2018), así mismo, en la investigación realizada por Torres, (2022) donde se aplica yodo sobre las semillas de *Solanum betaceum* se hallan resultados similares donde la inmersión de semillas en soluciones de yodo permite obtener raíces de mayor longitud.

3.6. Volumen de la raíz

Posterior a la medición de la longitud de las raíces, se midió el volumen de raíz expresando dicho valor en centímetros cúbicos (cm³), para después obtener la media de volumen de cada tratamiento, realizar un análisis ANOVA y finalmente una prueba Tukey.

Tabla 16. Análisis de la varianza para la variable volumen de raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen de la raíz	30	1,00	0,99	0,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,80	9	0,98	632,04	<0,0001*
Tratamiento	8,80	9	0,98	632,04	<0,0001*
Error	0,03	20	1,5E-03		
Total	8,83	29			

Tabla 17. Test de Tukey al 5% para la variable volumen de raíz

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11371

Error: 0,0015 gl: 20

Tratamiento	Mediasn	E.E.	
D2H1	8,7	3	0,02 A
D1H1	8,2	3	0,02 B
D1H2	8,0	3	0,02 C
D1H3	7,8	3	0,02 D
D2H2	7,7	3	0,02 D
D2H3	7,5	3	0,02 E
D3H1	7,4	3	0,02 E
D3H2	7,2	3	0,02 F
D3H3	7,0	3	0,02 G
TESTIGO	6,9	3	0,02 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El resultado de la prueba ANOVA indica que existen diferencias significativas entre cada tratamiento dado que el p-valor es menor al 0,01. Con la prueba Tukey se obtuvieron 7 grupos estadísticos con diferencia estadísticamente significativa entre cada conjunto de tratamientos, donde se obtiene que el tratamiento D2H1 (5% y 6 horas) obtuvo un valor medio del volumen por encima del resto de tratamientos, mientras que los tratamientos testigo y D3H3(10% y 24 horas) se encuentran dentro del mismo grupo infiriendo que dicho tratamiento no tuvo efecto alguno sobre el volumen de la raíz, también se halló que los tratamientos del grupo E (D3H1 y D2H3) obtuvieron resultados similares, al igual que los tratamientos del grupo D (D2H2 y D1H3).

El hecho de que tengan un mayor volumen indica un signo positivo para el desarrollo de la planta, dado que unas raíces más voluminosas permiten una mayor superficie de contacto sobre el sustrato permitiendo obtener una mayor cantidad de nutrientes (Quintero y Wehbe, 2017). Estos resultados concuerdan con los resultados reportados por Rosales, (2022) donde aplica yodo agrícola y ácido salicílico para biofortificar plántulas de *Capsicum annuum*, en dicho estudio existe un aumento significativo sobre el volumen de las raíces de las plantas donde se aplicó el tratamiento de yodo con una concentración de 0,5mm/L en contraposición al tratamiento testigo. Adicionalmente en el estudio de Torres, (2022) también existe un aumento en el volumen de la raíz cuando se aplica yodo sobre las semillas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES

4. Conclusiones

- Se determinó que la dosis adecuada de yodo agrícola para la germinación de semillas de cacao es una dosificación del 5% debido a que permite una obtener una mejor altura de la planta, longitud y volumen de raíz, esta fue la concentración del tratamiento D2H1 que fue quien obtuvo los mejores resultados en el presente estudio.
- Se definió que el tiempo apropiado de inmersión de las semillas en yodo agrícola es de 6 horas dado que el mejor tratamiento en general fue el tratamiento D2H1 correspondiente a una dosis del 5% e inmersión de 6 horas con el cual se obtuvieron los mejores resultados en los factores con diferencias estadísticamente significativas.
- Se determinó que el yodo agrícola no afecta al tiempo de germinación de las semillas de cacao dado que no existió una diferencia significativa entre tratamientos ni en contraste con información bibliográfica, obteniendo que las semillas germinaron entre los 7 y 8 días.

5. Recomendaciones

- En base a los resultados que se obtuvieron, se recomienda la inmersión de semillas de cacao a un 5% de yodo agrícola ya que en este porcentaje se obtienen mayores beneficios para la germinación y desarrollo de las plantas.
- Es importante tener en cuenta el tiempo que se va a tener las semillas de cacao en yodo, lo recomendado son 6 horas de inmersión para obtener mejores resultados, ya que al ser sometidas a más horas puede resultar perjudicial para la germinación.
- Se debe seleccionar adecuadamente las semillas de cacao para su propagación y tener un porcentaje alto de germinación, ya que no todas las semillas están en una madurez fisiológica para realizar este proceso.

6. Referencias

- Agrizon. (2022). *Yonex Ficha Técnica*. <https://www.e-agrizon.com/producto/yonex-1-lt>
- Aprotosoai, A. C., Luca, S. V. y Miron, A. (2018). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Calva, A. y Ramírez, P. (2021). *Guía Técnica para el establecimiento y manejo del Cacao Super Árbol*. Brandipity. https://www.bivica.org/files/6054_Cacao_Guia_tecnica_final_18_10_16.pdf
- Cortés, C., Rodríguez, M., Benavides, A., García, J., Tornero, M. y Sánchez, P. (2016). EL YODO AUMENTA EL CRECIMIENTO Y LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN PLÁNTULAS DE PIMIENTO MORRÓN. *Agrociencia*, 50(6), 747–758. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30247467007>
- Cuvi, M., Rodríguez, Y., Carrera, K., Asanza, M. y Soria, S. (2018). Efecto de abonos orgánicos en el cultivo de *Theobroma cacao* L. en vivero del “Recinto el Capricho”, Provincia de Napo, Ecuador. *Revista Amazónica*, 2(1).
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., la Torre, M. y Weigend, M. (2018). *Hoja botánica: Cacao - Theobroma cacao L.* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://www.researchgate.net/publication/321796762_Hoja_botanica_Cacao_-_Theobroma_cacao_L
- Dubón, A., Martínez, R., Martínez, A., Durán, E., Ramírez, O., Tulio, B. y Tejada, R. (2021). *Guía técnica: Producción de Cacao En Sistemas Agroforestales*. <http://sicacao.info/wp-content/uploads/2021/10/Guia-Produccion-de-cacao-en-SAF.pdf>
- Duborská, E., Matulová, M., Vaculovič, T., Matúš, P. y Urík, M. (2021). Iodine Fractions in Soil and Their Determination. *Forests 2021, Vol. 12, Page 1512*, 12(11), 1512. <https://doi.org/10.3390/F12111512>
- Golubkina, N., Moldovan, A., Kekina, H., Kharchenko, V., Sekara, A., Vasileva, V., Skrypnik, L., Tallarita, A. y Caruso, G. (2021). Joint Biofortification of Plants with Selenium and Iodine: New Field of Discoveries. *Plants 2021, Vol. 10, Page 1352*, 10(7), 1352. <https://doi.org/10.3390/PLANTS10071352>
- Incrocci, L., Carmassi, G., Maggini, R., Poli, C., Saidov, D., Tamburini, C., Kiferle, C., Perata, P. y Pardossi, A. (2019). Iodine Accumulation and Tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) With Green or Purple Leaves Grown in Floating System Technique. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1494. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2019.01494/BIBTEX>
- INIAP. (2022). *Cultivo de Cacao*. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcafec/rcacao>

- Izydorczyk, G., Ligas, B., Mikula, K., Witek-Krowiak, A., Moustakas, K. y Chojnacka, K. (2021). Biofortification of edible plants with selenium and iodine – A systematic literature review. *Science of The Total Environment*, 754, 141983. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141983>
- López, D. (2022). *EVALUACIÓN DE LA BIOFORTIFICACIÓN CON YODO EN LECHUGA (Lactuca sativa) Y DOS VARIEDADES DE KALE (Brassica oleracea var. sabellica, Brassica oleracea var. palmifolia,) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO TIPO NFT [UNIVERSIDAD DE BOGOTA JORGE TADEO LOZANO]*. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/27429/Trabajo%20final%20especializacion%20Diana%20Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, S. y Gil, A. (2017). Características germinativas de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) “cacao.” *Arnaldoa*, 24(2), 609–618. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.242.24212>
- Noles, M. (2020). *Evaluación de Enmiendas Orgánicas: Efectos en la producción y Fitosanidad del Cacao (Theobroma cacao L.) Cultivar CCN-51*. Universidad Técnica de Machala.
- Predan, G. M. I., Lazăr, D. A. y Lungu, I. I. (2019). Cocoa Industry—From Plant Cultivation to Cocoa Drinks Production. *Caffeinated and Cocoa Based Beverages: Volume 8. The Science of Beverages*, 489–507. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815864-7.00015-5>
- Puccinelli, M., Landi, M., Maggini, R., Pardossi, A. y Incrocci, L. (2021). Iodine biofortification of sweet basil and lettuce grown in two hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*, 276, 109783. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109783>
- Quintero, M. y Wehbe, C. (2017). *Productos básicos agrícolas y desarrollo: producción y comercialización de cacao en Venezuela [Universidad De La Laguna]*. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/td_liliana_q.pdf
- Quinto, C. S. (2017). *Evaluación de tres dosis y época de aplicación de yodo sobre la incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz Oriza sativa L. SFL-11 [Universidad De Guayaquil]*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15573>
- Ropero, A. (2021). Cacao Y chocolate. *Badali*. <http://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/cacao.pdf>
- Rosales, J. (2022). *Evaluación del yodo y ácido salicílico en la biofortificación en plantulas de pimienta (Capsicum annuum var. coach)*. [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36447>
- Sabatino, L., di Gaudio, F., Consentino, B. B., Roupael, Y., El-Nakhel, C., la Bella, S., Vasto, S., Mauro, R. P., D’anna, F., Iapichino, G., Caldarella, R. y de Pasquale, C. (2021). Iodine Biofortification Counters Micronutrient Deficiency and Improve

Functional Quality of Open Field Grown Curly Endive. *Horticulturae* 2021, Vol. 7, Page 58, 7(3), 58. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE7030058>

Samaniego, I., Viguera, C. y Mena, P. (2020). *Estudio de los principales componentes químicos no volátiles, asociados a la calidad del cacao “nacional” de Ecuador, como herramienta en la certificación de origen* [Universidad Politécnica De Cartagena]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=286502&info=resumen&idioma=SPA>

Sierra Gros, G., Castro Muñoz, A. B., Civera Hernández, V., Ferrer Gómez, J. M. y Baquedano García, A. (2022). Antisépticos: compuestos de yodo, compuestos de cloro y agentes oxidantes. *Revista Sanitaria de Investigación*, ISSN-e 2660-7085, Vol. 3, N.º. 9, 2022, 3(9), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8656302&info=resumen&idioma=ENG>

Torres, A. (2022). *Efecto de la aplicación de yodo en la germinación de semilla de tomate de árbol (Solanum betaceum)* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/36384>

Torres, F. y Zurita, H. (2022). *EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE YODO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLA DE TOMATE DE ÁRBOL* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36384>

Vera, J. y Santana, P. (2017). *Mucílago de cacao (Theobroma cacao L.), nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante*. [Universidad Técnica Estatal De Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2262>

7. Anexos

Anexo 1. Semillas de cacao con mucilago



Anexo 2. Semillas de cacao en inmersión



Anexo 3. Tratamientos empleados en el estudio



Anexo 4. Semillas colocadas en el sustrato



Anexo 5. Plantas desarrolladas

