



ISBN: 978-99961-39-83-3 (Impreso)
ISBN: 978-99961-39-91-8 (E-Book)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE UN SUSTRATO NUTRITIVO HECHO A PARTIR DE LOS DESECHOS DEL CACAO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS

EN ASOCIO CON EMPRESA CHUKWA CHOCOLATES

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. JOSÉ ROBERTO JACOBO MARROQUÍN

DOCENTE COINVESTIGADORA:
INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2022



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





ISBN: 978-99961-39-83-3 (Impreso)
ISBN: 978-99961-39-91-8 (E-Book)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE UN SUSTRATO NUTRITIVO HECHO A PARTIR DE LOS DESECHOS DEL CACAO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS

EN ASOCIO CON EMPRESA CHUKWA CHOCOLATES

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. JOSÉ ROBERTO JACOBO MARROQUÍN

DOCENTE COINVESTIGADORA:
INGA. ALMA VERÓNICA GARCÍA BARRERA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2022



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Rectora

Licda. Ely Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Director de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario W. Montes Arias

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Directora de Escuela de Ingeniería Química

Licda. Cecilia Elizabeth Reyes de Cabrales

631.87

J16o

slv

Jacobo Marroquín, José Roberto, 1985 -

Obtención y caracterización fisicoquímica de un sustrato nutritivo hecho a partir de los desechos del cacao para la producción de plántulas de hortalizas [recurso electrónico] : en asocio con empresa Chukwa Chocolates / José Roberto Jacobo Marroquín, Alma Verónica García Barrera. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2022.

1 recurso electrónico (49 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo, formato pdf, 10 Mb). –
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN : 978-99961-39-83-3 (Impreso)

ISBN : 978-99961-39-91-8 (E-Book, pdf)

1. Abono orgánico - Investigaciones. 2. Cacao – Residuos. 3. Cacao – Análisis. I. García Barrera, Alma Verónica, 1979- coaut. II. Título.

Autor

Ing. José Roberto Jacobo Marroquín

Co Autor

Inga. Alma Verónica García Barrera

Año 2022

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	6
2.3.	JUSTIFICACIÓN	6
3.	OBJETIVOS.....	7
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4.	HIPÓTESIS.....	7
5.	MARCO TEÓRICO	7
5.1.	DESCRIPCIÓN DE SUSTRATO	7
5.2.	PROPIEDADES DE SUSTRATOS	7
	POROSIDAD.....	7
	DENSIDAD.....	7
	ESTRUCTURA	8
	REACTIVIDAD QUÍMICA	8
	PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	8
5.3.	TIPOS DE SUSTRATOS.....	9
	SEGÚN SUS PROPIEDADES	9
	SEGÚN EL ORIGEN DE LOS MATERIALES.....	9
5.4.	PLÁNTULA.....	10
5.5.	EL DESECHO DE CACAO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE UN SUSTRATO NUTRITIVO.....	11
5.6.	EL CACAO	11
	DATOS BOTÁNICOS SOBRE EL CACAO	11
	DESCRIPCIÓN CIENTÍFICA	12
	ECOTIPOS DE CACAO	13
5.7.	RESIDUOS DEL CACAO.....	16
5.8.	EL SECTOR CACAO EN EL SALVADOR.....	17
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	19
6.1.	METODOLOGÍA.....	19
6.2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
6.3.	FASE DE LABORATORIO	19
7.	RESULTADOS.....	20

7.1. LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	21
7.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO.....	22
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL	22
DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL.....	23
DETERMINACIÓN DE POTASIO	24
DETERMINACIÓN DE PH.....	26
7.3. PRUEBAS DE FORMULACIÓN DEL SUSTRATO.....	26
7.4. PRUEBAS COMPARATIVAS DE GERMINACIÓN DE LAS PLÁNTULAS.....	27
7.5. RENDIMIENTO	29
8. CONCLUSIONES.....	30
9. RECOMENDACIONES	30
10. GLOSARIO.....	30
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
12. ANEXOS.....	35
12.1.ANEXO 1. PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE HUMEDAD (AOAC 20.013)	35
12.2.ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CENIZAS (AOAC 18.025)	36
12.3.ANEXO 3. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE FÓSFORO Y N (AOAC 985.35)	37
12.4.ANEXO 4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE CELULOSA (TAPPI T-212)	38
12.5.ANEXO 5. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LIGNINA (TAPPI T-222)	39
12.6.ANEXO 6. ESCENARIOS PARA LAS PRUEBAS DE SIEMBRA	40
12.7.ANEXO 7. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN BANDEJA	41
12.8.ANEXO 8. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN ALMÁCIGO.....	43
12.9.ANEXO 9. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN MACETA	45
12.10.ANEXO 10. POLÍTICA PARA EL DESARROLLO DE LA CADENA DE CACAO EN EL SALVADOR	46

1. INTRODUCCIÓN

En el beneficiado del cacao se producen una gran cantidad de desechos, de los cuales las cáscaras son las de mayor relevancia, las mazorcas generalmente son desechadas dentro de los mismos cultivos y generan problemáticas como la proliferación de insectos y microorganismos patógenos. Para el desarrollo de este proyecto se contó con el asocio de la empresa Chukwa Chocolates que es una productora de diferentes tipos de chocolates.

En esta investigación se evaluó utilizar los desechos de cáscara de cacao en la formulación de un sustrato para el cultivo de plántulas de hortalizas que sirva de soporte material y nutritivo. Para ello se caracterizaron las cáscaras de cacao por medio de pruebas de porcentaje de humedad, pH, porcentaje de cenizas, contenido de potasio, nitrógeno y fósforo. A partir de estos datos se procesaron las cáscaras de cacao para producir un sustrato que pueda ser utilizado en cultivos agrícolas. Posteriormente se comprobó la efectividad del sustrato elaborado en el laboratorio utilizándolo como base de un cultivo experimental en condiciones controladas. Se ejecutaron pruebas comparativas de formulación, siembra y crecimiento de las plántulas de tomate y pepino, a fin de obtener la formulación óptima del sustrato y el mejor medio de desarrollo.

El resultado obtenido de humedad de la cáscara de la mazorca de cacao por gravimetría fue de 73.56%. El contenido de cenizas obtenido fue de 18.83%. El contenido de fósforo es del 0.0022%, el cual es un porcentaje bajo. No se detectó presencia de potasio. Se determinó un valor de pH de 5.7 en la muestra medida. El porcentaje de celulosa de la muestra fue de 21.39% de materia celulósica. El porcentaje de lignina obtenido fue de 39.81% en la cáscara de cacao.

Los valores obtenidos en la caracterización de las mazorcas dependen de condiciones como el tipo de suelo, variables agrometeorológicas, calidad de agua, abono y especie de la planta.

A partir de la caracterización fisicoquímica se elaboraron dos tipos de sustrato con formas de partícula diferente, con la finalidad de ver el impacto de cada sustrato en el desarrollo de las plántulas. Una forma se asemeja a una textura pastosa, en cambio la otra forma se asemeja a una textura y tamaño de partícula tipo harina o polvo. La formulación de los sustratos está directamente relacionada al acondicionamiento y el aporte de nutrientes del sustrato hacia las plántulas para potenciar su desarrollo.

El escenario de siembra condicionó el desarrollo óptimo de las plántulas, factores como requerimiento de agua, distribución de nutrientes y estabilidad de la plántula, se ven afectados por la relación del espacio de germinación, el área de desarrollo y profundidad de siembra.

De los resultados obtenidos en el cultivo de plántulas de tomate y pepino podemos concluir que, a partir de un adecuado procesamiento y aprovechamiento de las cáscaras de cacao, se genera una opción de bioprospección agroindustrial, siendo una opción factible por ser un excelente método de aprovechamiento y transformación de un desecho en un biomaterial alternativo.

El tamaño de partícula es un factor que influye en la efectividad de la cáscara del cacao en el sustrato como soporte material y nutritivo de las plántulas, un tamaño muy fino dificulta la absorción de los nutrientes y condiciona al sustrato a tener características más secas. Se deben tomar en cuenta modificaciones en los métodos para el procesamiento efectivo de las cáscaras de cacao, para obtener una mezcla más uniforme y homogénea tal y como se presentan los abonos comerciales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la cosecha del cacao se desecha alrededor del 80% del fruto [1]. Esta gran cantidad de subproductos se ven como basura. Por lo tanto, es necesario buscar una alternativa para darle valor agregado a estos desechos mediante la elaboración de un sustrato que sirva de soporte material y nutritivo para el cultivo agrícola de plántulas de hortalizas.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Patente CN108264417A. Esta patente detalla el procedimiento para elaborar abono de base orgánica para la plantación de moreras de papel. El fertilizante de base orgánica se prepara a partir de las siguientes materias primas: tallos de camote, estiércol de paloma, medio de cultivo de hongos comestibles, materiales de desecho, polvo orgánico de pescado, cáscara de cacao, exocarpo de lichi, cáscara de castaño, hojas de castaño, hojas de azufaifa silvestre, hojas de morera, hojas de sauce, hojas de gingko, hojas de ailanto y hojas de litchi.

Patente EP2305623A1. La patente se refiere al uso de polvo de cáscara de cacao como fertilizante, una composición de abono con este polvo de cáscara de cacao, un sustrato de cultivo con la composición de abono y una composición de suelo con el hongo de abono. El polvo tiene un tamaño de grano de hasta 5 mm para al menos un 5% en peso. La composición de abono contiene al menos un 0,5% en peso de polvo de mazorcas de cacao, y al menos un 20% en peso del polvo tiene un tamaño de grano de hasta 5 mm.

Patente EP1820392A2. Esta patente contiene un nuevo material de esparcimiento para cubrir sustratos de cultivo o tierra para macetas en contenedores de plantas o como cobertura del suelo. Este material contribuye a que no se extraiga nitrógeno y se evite la contaminación con malas hierbas. Debido al efecto adhesivo, proveniente de las cáscaras de cacao, se asegura que no se pierda arena durante la manipulación. Este material está diseñado para uso en jardinería y paisajismo y consiste en una mezcla de cáscaras de cacao naturales sin tratar y corteza de pino. En particular, la aplicación se recomienda para viveros, que cultivan en contenedores de plantas (macetas especiales para plantas).

2.3. JUSTIFICACIÓN

Por las condiciones climáticas del país se puede producir “cacao fino de aroma” el cual es muy valorado en Europa. Sin embargo, El Salvador tiene desafíos en el procesamiento del grano y agregar valor a toda la cadena productiva del cacao [2]. Tomando en cuenta la gran cantidad de desechos que se producen en la cosecha y beneficiado del cacao, se tiene como objetivo añadirle a valor a estos subproductos a través de la obtención de un material que sirva como sustrato para el cultivo de hortalizas.

Este potencial en los subproductos del cacao ha sido detectado por los expertos del Complejo de Innovación Tecnológica y Productiva en Agroindustria (CITPA); quienes vislumbran que las hortalizas podrían ser cultivadas “sin suelo” es decir, utilizando otros sustratos que sean altamente ricos en fibra (la cual proporciona sostén para la planta) y nutrientes [3].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener un sustrato que sirva de soporte material y nutritivo para una plántula de hortalizas, a partir de cáscaras de cacao.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las cáscaras de cacao por medio de las siguientes pruebas: porcentaje de humedad, pH, porcentaje de cenizas, contenido de potasio, nitrógeno y fósforo.
2. Elaborar un sustrato agrícola a partir del procesamiento de las cáscaras del cacao.
3. Comprobar la funcionalidad del sustrato elaborado en el laboratorio utilizándolo en el cultivo de plántulas de hortalizas.

4. HIPÓTESIS

A partir de las cáscaras desechadas en el procesamiento del cacao se obtendrá un sustrato que servirá de soporte material y nutritivo para el cultivo de plántulas de hortalizas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. DESCRIPCIÓN DE SUSTRATO

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta [4].

Un medio de crecimiento debe idealmente incorporar los requerimientos físicos y biológicos para un adecuado crecimiento de la planta [5].

5.2. PROPIEDADES DE SUSTRATOS

POROSIDAD

La porosidad es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85%, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones [6].

DENSIDAD

Hay dos formas de expresar la densidad de un sustrato. La densidad aparente, se define como la masa contenida en la unidad de volumen, incluyendo el volumen ocupado por los poros. La densidad real es la densidad de las partículas sólidas del sustrato [7].

ESTRUCTURA

La estructura es otra de las propiedades de un sustrato y puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acomodándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente, pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas [6].

REACTIVIDAD QUÍMICA

La reactividad química es la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza [8]:

a. Químicas

Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- i. Efectos fitotóxicos por liberación de iones.
- ii. Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- iii. Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

b. Fisicoquímicas

Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico. Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.

c. Bioquímicas

Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida. Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular. Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en [8]:

a. Velocidad de descomposición

La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición.

b. Efectos de los productos de descomposición

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción.

c. Actividad reguladora del crecimiento

Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

5.3. TIPOS DE SUSTRATOS

SEGÚN SUS PROPIEDADES

a. SUSTRATOS QUÍMICAMENTE INERTES

Actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Ejemplos de estos sustratos son: arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, y otros.

b. SUSTRATOS QUÍMICAMENTE ACTIVOS

Sirven de soporte a la planta, pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización; almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal. Ejemplos de estos sustratos son: turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, y otros.

SEGÚN EL ORIGEN DE LOS MATERIALES

a. MATERIALES ORGÁNICOS

- I. De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- II. De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- III. Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

b. MATERIALES INORGÁNICOS O MINERALES

- I. De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- II. Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- III. Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

5.4. PLÁNTULA

En Botánica, más específicamente en espermatofitas, se denomina plántula al estadio del desarrollo del esporófito que comienza cuando la semilla rompe su dormancia y germina, y termina cuando el esporofito desarrolla sus primeras hojas no cotiledonares maduras, es decir funcionales.

Una plántula típica puede ser dividida en la raíz primaria que deriva de la radícula del embrión, y el vástago primario que consta del tallo primario con uno o más cotiledones u hojas embrionarias (presentes en la semilla, que según la especie se desarrollarán durante el estadio de plántula hasta ser grandes y funcionales como fotosintéticas, o no), si hay dos cotiledones éstos aparentan encontrarse a la misma altura del tallo, en el primer "nudo" o nudo cotiledonar; el tallo entre el o los cotiledones y la raíz se llama hipocótilo ("debajo de los cotiledones"), el tallo por sobre los cotiledones hasta la primera hoja no cotiledonar es el epicótilo ("por sobre los cotiledones").

La transición de tallo a raíz puede no ser visible externamente a ojo desnudo (morfológicamente), pero se mantiene su identidad anatómica y es en la estela de cada uno donde pueden ser diferenciados [9].



Figura 1. Plántula: embrión ya desarrollado como consecuencia de la germinación.

Fuente: EcuRed

5.5. EL DESECHO DE CACAO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE UN SUSTRATO NUTRITIVO

Para incorporar el desecho de cacao (cáscara y mucílago) en la formulación de un sustrato nutritivo, se deben cortar las cáscaras de cacao en láminas, y después se les realiza un troceado, para así tener un tamaño de muestra más pequeña y lograr establecer las variables fisicoquímicas de la caracterización de manera más eficiente. Para la caracterización se recomienda el análisis proximal del sustrato donde se determinan los parámetros de pH, humedad, cenizas, grasa, fibra, lignina y celulosa [10].

El sustrato de cáscara de cacao se desinfecta a temperatura ambiente por medio de una inmersión de solución al 0.6% de carbonato de calcio durante 13 días, teniendo en cuenta lo propuesto por Rodríguez y Jaramillo [11]. Después de esto, se acondiciona la humedad relativa al 70-90 %, pH de 5.0-7.0, para procurar el óptimo desarrollo de la plántula.

Para la inoculación, se realiza la mezcla de las semillas con diferentes formulaciones de cada uno de los sustratos en condiciones óptimas de asepsia (con la finalidad de encontrar la formulación óptima a la plántula de la hortaliza seleccionada). Posterior a esto, se realiza la incubación a un rango de temperatura de 24- 28 °C y un rango de humedad relativa de 70-80 %, para garantizar las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de la plántula, con monitoreo de estas variables.

Terminada la etapa de incubación, los recipientes se exponen a la luz natural, para inducir la formación de la plántula, monitoreando la cantidad de luz, la humedad relativa y la temperatura [10].

5.6. EL CACAO

El cacao, se extrae del fruto de la planta del cacao o cacaotero. Es el principal componente del chocolate. El género *Theobroma* está compuesto por unas 10 a 20 especies, siendo *T. cacao* la más importante por su valor económico [12].

DATOS BOTÁNICOS SOBRE EL CACAO

El cacao pertenece al género *Theobroma*, familia de las ESTERCULIACEAS.

Del género *Theobroma*, se conocen de 15 a 18 especies de las cuales tres se hallan representadas en la flora salvadoreña (Choussy Félix 1950):

- 1. *Theobroma Angustifolium*:** árbol cultivado en el departamento de Sonsonate y algunos otros lugares, bajo los nombres vernáculos de CACAO DE LA INDIA; CUSHTA, etc. El fruto tiene pulpa comestible y sus semillas suministran chocolate de regular calidad, pero no comercializada.
- 2. *Theobroma Bicolor*:** árbol cultivado en algunos solares de Sonsonate bajo el nombre vernáculo de PATASHTE: es de fruto grande, de cascara leñosa, cuyas semillas son molidas para la preparación de uso casero.
- 3. *Theobroma cacao*:** que es el verdadero CACAO. Es planta originaria de las zonas calientes de América. El fruto de *Theobroma cacao* es una baya carnosa de superficie roja y amelonada, que contiene una pulpa blanda, dentro de la cual se encuentran las semillas ovoideas, de embrión grueso, raicilla corta y cotiledones gruesos, carnosos y replegados que constituyen los “granos de cacao”.

DESCRIPCIÓN CIENTÍFICA

Theobroma cacao L. es el nombre científico que recibe el árbol del cacao o cacaotero. Theobroma significa en griego «alimento de los dioses»; cacao deriva del nahua «cacáhua».

Clasificación Botánica de Theobroma cacao [13]:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

Tribu: Theobromeae

Género: Theobroma

Especie: T. Cacao

La palabra cacao puede hacer referencia a tres conceptos muy relacionados entre sí:

1. Cacao puede referirse, en primer lugar, al fruto del cacaotero, entendido este bien como la mazorca que crece directamente de su tronco, bien como las semillas contenidas en ese fruto.
2. En segundo lugar, el cacao es también el producto que resulta de la fermentación y el secado de esas semillas del fruto del árbol del cacao. El cacao, entendido así, es el componente básico del chocolate.
3. Por último, se denomina además cacao al polvo seco que se obtiene moliendo los granos y extrayendo, total o parcialmente, la grasa o manteca de cacao [13].



Figura 2. Diferencias entre cacao-cocoa-chocolate.

Fuente: Alianza Cacao El Salvador

ECOTIPOS DE CACAO

En el mundo existen diferentes tipos de cacao, originalmente eran sólo dos tipos; el criollo y el forastero, pero el cruce de estas dos especies dio origen al trinitario, y del cruce repetido entre ellos, se originaron los diferentes tipos de cacao que conocemos y utilizamos [13].

Existen tres tipos principales de cacao:



Figura 3. Ecotipos de cacao.

Fuente: Globovision.

- 1. El criollo o nativo:** es el cacao genuino y fue bautizado así por los españoles al llegar a México. Se cultiva en América: en Perú, Venezuela (fundamentalmente en Chuao), Honduras, Colombia, Ecuador, Nicaragua, Guatemala, Trinidad, Bolivia, Jamaica, México, Granada; y en el Caribe, en la zona del océano Índico y en Indonesia. Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos.

El árbol es frágil y de escaso rendimiento. El grano es de cáscara fina, suave y poco aromático. Representa, como mucho, el 10% de la producción mundial.

Es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Se distingue por tener frutos de cáscara suave, con 10 surcos, combinando un surco profundo con otro de menor profundidad. Los lomos presentan rugosidad en la superficie y terminan en una punta delgada. Las semillas son dulces y de color blanco a violeta.

De este ecotipo se produce el cacao fino o de mejor calidad. Actualmente no existe cacao criollo puro, sino lo que se llaman tipos acriollados debido a que han tenido varios cruces con otras especies.

2. **El forastero:** originario de la alta Amazonia. Se trata de un cacao normal, con el tanino más elevado. Es el más cultivado y proviene normalmente de África. El grano tiene una cáscara gruesa, es resistente y poco aromático. Para neutralizar sus imperfecciones, requiere un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates. Los mejores productores usan granos forasteros en sus mezclas para dar cuerpo y amplitud al chocolate, pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates provienen de tipos acriollados.

El cacao forastero es originario de América del sur y es el más cultivado en las regiones cacaotera de África y Brasil. Se distingue porque tiene frutos de cáscara dura y más o menos lisa. Sus semillas son aplanadas de color morado y sabor amargo [13].

3. **El híbrido:** entre los que destaca el trinitario, es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es más próxima al del segundo. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad donde, después de un terrible huracán que en 1727 destruyó prácticamente todas las plantaciones de la Isla, surgió como resultado de un proceso de cruce. De este modo, heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo, y se usa también normalmente mezclado con otros tipos).

Las condiciones óptimas para el cultivo de cacao se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Condiciones óptimas para el cultivo de cacao.

Fuente: FAO (2014).

CARACTERÍSTICAS	MÍNIMA	MÁXIMA
Temperatura (°C)	21	28
Precipitación anual (mm)	1000	2500
Altitud (msnm)	0	800
pH del suelo	6	7
Profundidad (cm)	> 150	-
Textura	Franco o franco arcilloso limoso	
Salinidad (dS/m)	< 4	
Drenaje	Bueno	
Zona climática	Tropical húmeda y seca	
Fotoperiodo	12	

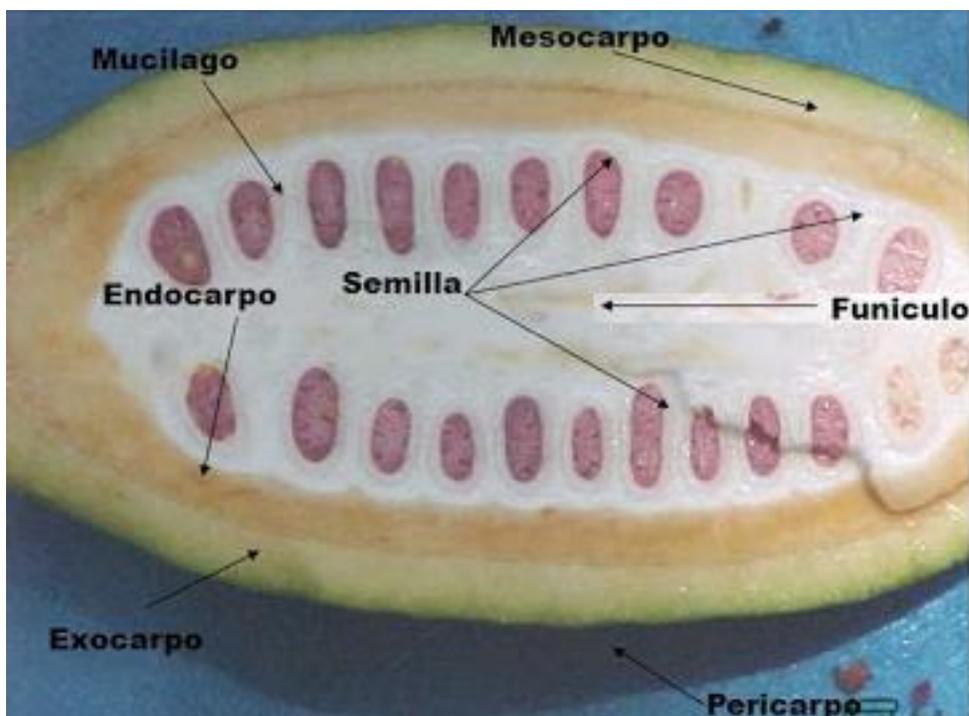


Figura 4. Morfología del fruto del cacao.

Fuente: Rosales (2010).

Las características de la planta de cacao se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de la planta de cacao.

Fuente: CONABIO.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
FORMA	Árbol de pequeña talla, perennifolio, de 4 a 7 m de altura (cultivado). El cacao silvestre puede crecer hasta 20 m o más.
COPA/HOJAS	Copa baja, densa y extendida. Hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de (15) 20 a 35 (50) cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo.
TRONCO/RAMAS	El tronco tiene un hábito de crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. Ramas plagiotrópicas o en abanico. Las ramas primarias se forman en verticilos terminales con 3 a 6 ramillas; al 23 conjunto se le llama "molinillo". Es una especie cauliflora, es decir, las flores aparecen insertadas sobre el tronco o las viejas ramificaciones.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
CORTEZA	Externa de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada. Interna de color castaño claro, sin sabor.
FLOR(ES)	Se presentan muchas flores en racimos a lo largo del tronco y de las ramas, sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla, de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, en forma de estrella.
FRUTO	Una baya grande comúnmente denominada "mazorca", carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa.
SEMILLA	Semillas grandes del tamaño de una almendra, color chocolate o purpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupado por los 2 cotiledones del embrión.
RAÍZ	El sistema radical se compone de una raíz pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo.
SEXUALIDAD	Hermafrodita.

5.7. RESIDUOS DEL CACAO

El cultivo del cacao produce, desde la etapa de recolección hasta la de procesamiento, una serie de desechos. 10 toneladas de desechos frescos por cada tonelada de semillas secas [14].

Al momento de la cosecha, se separa la cáscara del fruto de las semillas y placenta (mucílago). Solo el 20 por ciento de la fruta del cacao es utilizada, por lo tanto, el otro 80 por ciento restante corresponde a los residuos, los cuales son desechados [15].

En la Tabla 3 se muestran los principales residuos vegetales generados en la cadena de valor del cacao.

Tabla 3. Residuos del cacao y cantidades generadas.

Fuente: Lock (2018).

Residuos	Cantidad que se genera	Según
Podas	20.24 toneladas por hectárea	Fundación MCCH. 2012
Cáscaras	90% del fruto seco	Graziani et al 2002
Placenta o mucílago	1.72% del fruto seco	Graziani et al 2002
Semillas dañadas	6 – 8% del fruto seco	Graziani et al 2002

5.8. EL SECTOR CACAO EN EL SALVADOR

En los últimos años, el interés por el cacao ha aumentado considerablemente, debido a un nuevo dinamismo del mercado internacional, que favorece con mejores precios al cacao criollo y fino de aroma. Según el “Estudio Análisis de la Cadena de Valor del Cacao en El Salvador”, realizado por VECOMA y publicado en septiembre de 2016, El Salvador ocupa el segundo lugar en Centroamérica como exportador de productos terminados a base de cacao (chocolate, cocoa en polvo endulzada y cobertura de chocolate), teniendo como principales compradores a Guatemala, Honduras, Nicaragua y Estados Unidos [16].

Según el mismo estudio, el país es deficitario en la producción de granos de cacao, ya que, en promedio importa de Centroamérica cerca del 71% de sus requerimientos anuales, en donde Nicaragua es su principal abastecedor. De la producción nacional de cacao en granos que se genera, un porcentaje muy pequeño, cerca del 8%, se exporta como cacao fino de aroma y su principal mercado es Honduras y Estados Unidos.

La actividad cacaotera puede considerarse como una industria en plena transformación en el país. Gracias a las intervenciones de grupos organizados e iniciativas personales de los agricultores, decenas de nuevas hectáreas de cultivo se agregan al parque nacional, nuevos artesanos del cacao intentan generar valor agregado a lo cosechado, otros se dan a la tarea de buscar nuevos mercados y escudriñar las conexiones históricas culturales del cacao en el país. Ese estudio de VECOMA, refleja que existe un aproximado de 1,200 empresas relacionadas con el chocolate de tablilla, junto a otras familias, que se dedican a algún eslabón de la cadena. Por tanto, se ubica como un rubro económico en crecimiento, cuya cadena de valor aglutina cada día más integrantes y que pretende tener un impacto económico más fuerte en el Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA).

Asimismo, el MAG a través del CENTA desde el punto de vista técnico, está recuperando la base genética del cultivo de cacao de alta calidad, con la finalidad de resguardar este material y desarrollar investigaciones desde el programa de mejoramiento genético para su transferencia tecnológica.

Originalmente la producción de cacao se concentró en los departamentos de La Paz, San Vicente, Sonsonate y Usulután.

Se considera que el total del área en producción del país es de 989 manzanas, con un rendimiento promedio de 7.7 quintales por manzana. El número de productores registrados que producen cacao es de 482 concentrados en los departamentos de Santa Ana, Sonsonate y Usulután [17].

A la fecha, según registros del Programa de Frutales del CENTA, la intervención en el territorio mediante la estrategia de siembra del cultivo por parte de diferentes iniciativas, se estima que se cuenta con 7,277 productores y productoras con un área de 9,147 manzanas. Dentro de los procesos de la cadena de cacao, se estima que hay una participación del 30% de mujeres, desempeñando especialmente labores de transformación secundaria” [18].

Si se compara esta información con el hecho de que solo el 5% de las mujeres económicamente activas se encuentra realizando labores en el sector agrícola, se puede apreciar la importancia potencial del cacao para incrementar las oportunidades de trabajo de la mujer rural y contribuir a la independencia económica de las mujeres. Porque como se afirma “las mujeres rurales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de los países, especialmente por su contribución en las economías locales. (...) Participan en actividades que permiten diversificar las fuentes de ingreso del grupo familiar” [18].

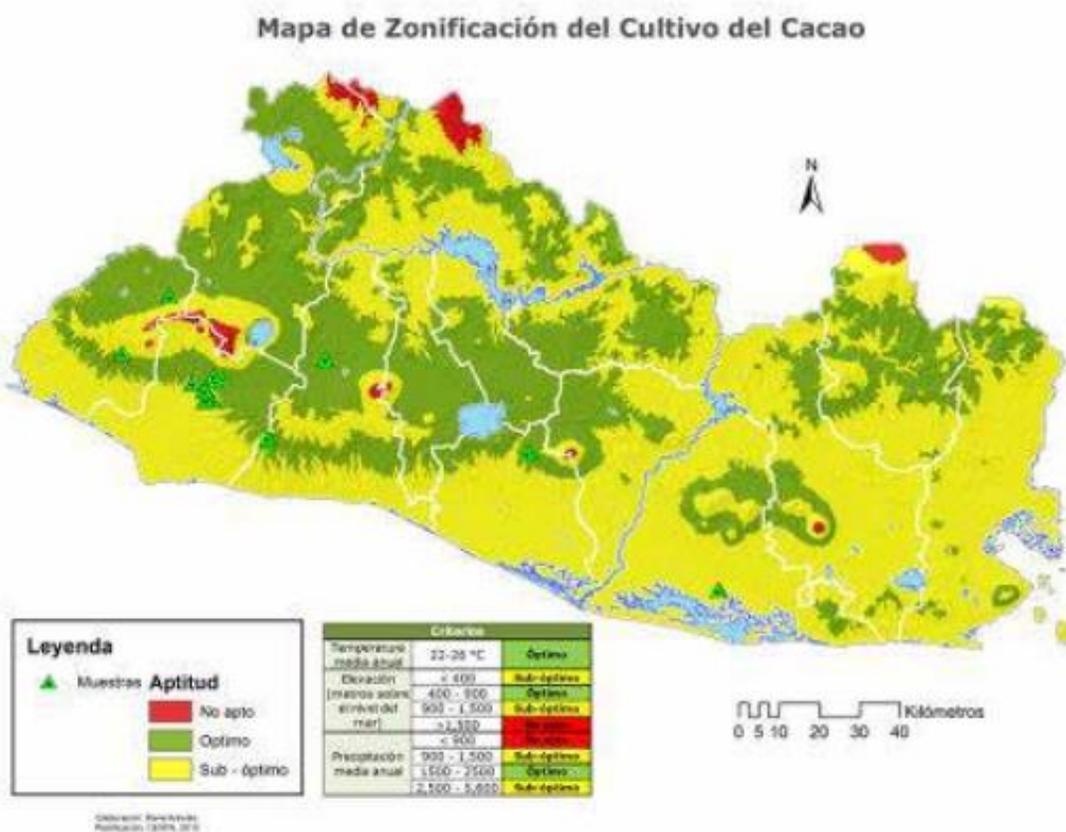


Figura 5. Mapa de Zonificación del Cultivo de Cacao.

Fuente: Alianza Cacao El Salvador (2018).

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

6.1. METODOLOGÍA

Se considera una investigación de tipo experimental y retrospectiva por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales bajo condiciones controladas y además de poseer un carácter exploratorio pues se realizó con el propósito de obtener datos fieles y seguros para que sirvan de base en estudios futuros.

6.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se consultaron bases de datos tales como CBUES, Libhub, Google Académico, trabajos de investigación de centros de educación superior nacionales e internacionales, entre otros. Con relación a las patentes, se utilizó Spacenet.com y Google Patentes, además se buscó información por medio de entrevistas con expertos en la elaboración de sustratos a partir de desechos vegetales, en la industria y el sector académico.

6.3. FASE DE LABORATORIO

Se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Especialidad en Ingeniería ITCA-FEPADE Sede Central, donde se realizó la formulación y caracterización del sustrato. Además, se ejecutaron las etapas de preparación, inoculación, incubación y obtención de resultados del proceso de generación y desarrollo de las plántulas de las hortalizas seleccionadas.

El desarrollo de las fases del proyecto se describe a continuación:

1. Trabajo de campo:
 - 1.1. Recolectar los desechos (cáscaras y mucílago) en cooperativas cacaoteras o buscar una entidad o persona que done dichos desechos.
 - 1.2. Transportar y almacenar.
2. Parte experimental

Se realizó en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE, así:

- 2.1. Preparación de materia prima: separación del mucílago de la cáscara, limpieza, secado y almacenamiento.
- 2.2. Pre-tratamiento de cáscara de cacao: desinfección de cáscaras.
- 2.3. Elaboración de sustrato a escala de laboratorio. Se realizaron varias formulaciones hasta encontrar la óptima, a parte de las cáscaras tratadas y la adición de mucílago como fuentes de nutrientes, se utilizaron materias primas tales como: tierra negra, musgo artificial o espuma para jardinería, según se requirió.

2.4. Caracterización del sustrato. A la fórmula de sustrato más promisorio se le realizaron las siguientes pruebas fisicoquímicas: pH (AOAC 981.12), porcentaje de humedad (AOAC 20.013), cenizas (AOAC 18.025), porcentaje de lignina (TAPPI T-222), porcentaje de celulosa (TAPPI T-212) y contenido de NPK: Nitrógeno (AOAC 930.29), Fósforo (AOAC 957.02) y Potasio (AOAC 985.35)

7. RESULTADOS

En el siguiente diagrama de flujo se muestran las etapas ejecutadas en la fase laboratorio:

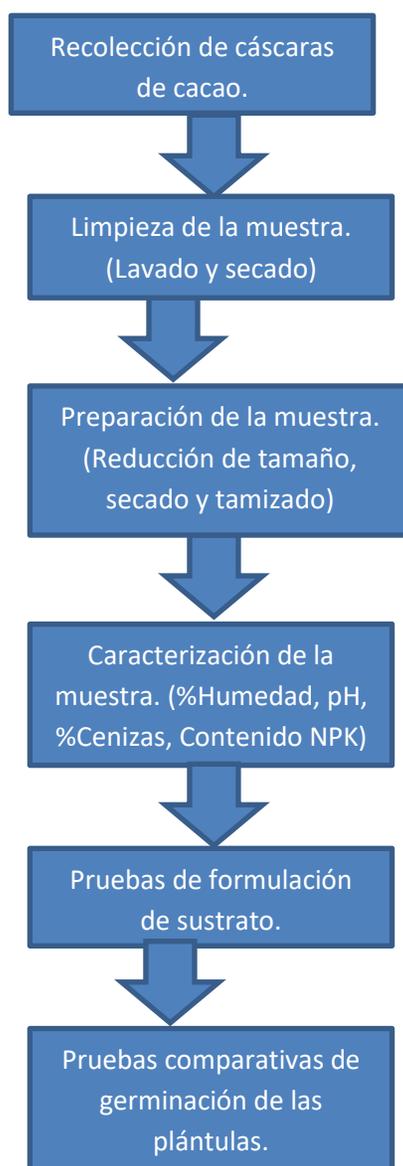


Figura 6. Diagrama de flujo de las etapas de trabajo experimental.

Fuente: Elaboración Propia.

7.1. LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La limpieza de las muestras se realizó únicamente con agua potable para evitar la interferencia de sustancias químicas limpiadoras, el proceso de secado fue al natural dentro de las instalaciones del laboratorio por un tiempo aproximado de 48 horas.

Las cáscaras de cacao fueron cortadas en láminas, y después se les realizó una segunda reducción de tamaño con un procesador de alimentos semi industrial, para así tener un tamaño de muestra más pequeña y lograr establecer las variables fisicoquímicas de la caracterización de manera más eficiente.

Al realizar los cortes en forma de lámina, se observó la materia lignocelulósica. En la segunda reducción de tamaño, se obtuvo una pasta heterogénea, la cual fue sometida a un proceso de secado controlado.

La muestra se secó en una estufa a 105°C por 24 horas o hasta observar el aspecto deseado. Posteriormente se pasó el producto seco por el procesador y se obtuvo una mezcla fina.

La mezcla obtenida se tamizó hasta obtener una granulometría de 450 µm.

El proceso de limpieza y preparación de la muestra se observa en la siguiente imagen:



Figura 7. Proceso de limpieza y preparación de la muestra. Fuente: Elaboración Propia.

7.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS CÁSCARAS DE CACAO

Las biomásas vegetales estudiadas presentaron una textura semi rugosa, con forma elíptica y con una pronunciada constricción basal o forma de botella indicando que estos frutos son del tipo Criollo.

HUMEDAD

Para la determinación de la humedad se utilizó el método de pérdida de masa de agua en estufa convencional según la norma de la International Association of Analytical Communities AOAC 20.013. Para ello se procedió a llevar a la estufa una cantidad conocida de la muestra (2 gramos) a 105 °C hasta obtener masa constante.

El contenido de humedad depende de la calidad y tipo de materia prima, del espesor de la cáscara, así como el proceso de deshidratación al cual se sometieron las cáscaras. El resultado obtenido de la cáscara de la mazorca de cacao por gravimetría (AOAC 20.013) fue de 73.56%.

CENIZAS

Para la determinación de cenizas se utilizó el método de incineración en mufla a 550 °C propuesto por AOAC 18.025. Las cenizas representan el contenido de material mineral presente en la muestra.

El contenido de cenizas obtenido fue de 18.83%, el valor obtenido en este trabajo fue mayor que el contenido de cenizas al reportado por Yegres et al. (2001), pero es menor al porcentaje máximo obtenido en cáscara 20.7%.

DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL

Para cuantificar el contenido de fósforo total en los desechos de cacao se utilizaron muestras deshidratadas, pulverizadas y tamizadas. Primero se sometieron a un proceso de digestión ácida, posteriormente el método se basa en la reacción de los iones fosfato en solución ácida con iones molibdato y antimonio formando un complejo antimonilfosfomolibdato que, mediante ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno. Tal y como se muestra en la fotografía siguiente:



Figura 8. Viales de fósforo total para espectrofotometría visible con muestras de desechos de cacao.

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras preparadas se leyeron en el espectrofotómetro de luz visible DR 2800, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 4. Resultados de la determinación de fósforo total por espectrofotometría visible.
Fuente: Elaboración propia.

Alícuota de muestra digerida	Concentración de fósforo como P ₂ O ₅ (mg/L)
0.4 mL	No pudo ser leída
1.0 mL	22.2

Si este valor obtenido del espectrofotómetro se transforma a porcentaje equivale a 0.0022%, el cual es un porcentaje bajo de aporte de fosforo al medio. Si bien es cierto, otras fuentes bibliográficas mencionan que este tipo de sustratos no son una fuente significativa de este nutriente y que ronda el valor de 0.026% [19]

DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL

Se utilizó la muestra digerida para fósforo total, la metodología consiste en que el nitrógeno unido inorgánica y orgánicamente se oxida a nitrato por digestión con peroxodisulfato. Los iones nitrato reaccionan con el 2,6-dimetilfenol en una solución de sulfúrico y ácido fosfórico para formar un nitrofenol.



Figura 9. Lectura de viales en Espectrofotómetro DR 2800. Fuente: Elaboración propia.

Las muestras se introdujeron en el espectrofotómetro de luz visible DR 2800, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5. Resultados de la determinación de nitrógeno total por espectrofotometría visible.

Fuente: Elaboración propia.

Alícuota de muestra digerida	Concentración de nitrógeno total (mg/L)
0.2 mL	24.5
1.0 mL	No pudo ser leída

Este valor de nitrógeno total transformado en porcentaje equivale a 0.0245%, un valor significativamente bajo con respecto al reportado en otras investigaciones [19] posiblemente esto se deba a la técnica de digestión elegida.

DETERMINACIÓN DE POTASIO

En el método AOAC 985.35 se describen los procedimientos, preparación de muestras, equipos y materiales necesarios, reactivos y precauciones para la determinación de potasio. Luego se procedió a medir la absorbancia de la muestra en el espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA 7000 (longitud de onda de 766.5 nm).



Figura 10. Medición de estándar de potasio en Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA).

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las mediciones de absorbancia de las soluciones estándar de potasio fueron los siguientes.

Tabla 6. Resultados de las soluciones estándares de potasio.
Fuente: Elaboración propia.

Concentración de potasio (mg/L)	Absorbancia
0.1250	0.0640
0.2500	0.1035
0.5000	0.1947
0.7500	0.2816
1.0000	0.3823
1.125	0.4394
Muestra de cenizas de desechos de cacao.	No fue detectado por el equipo.

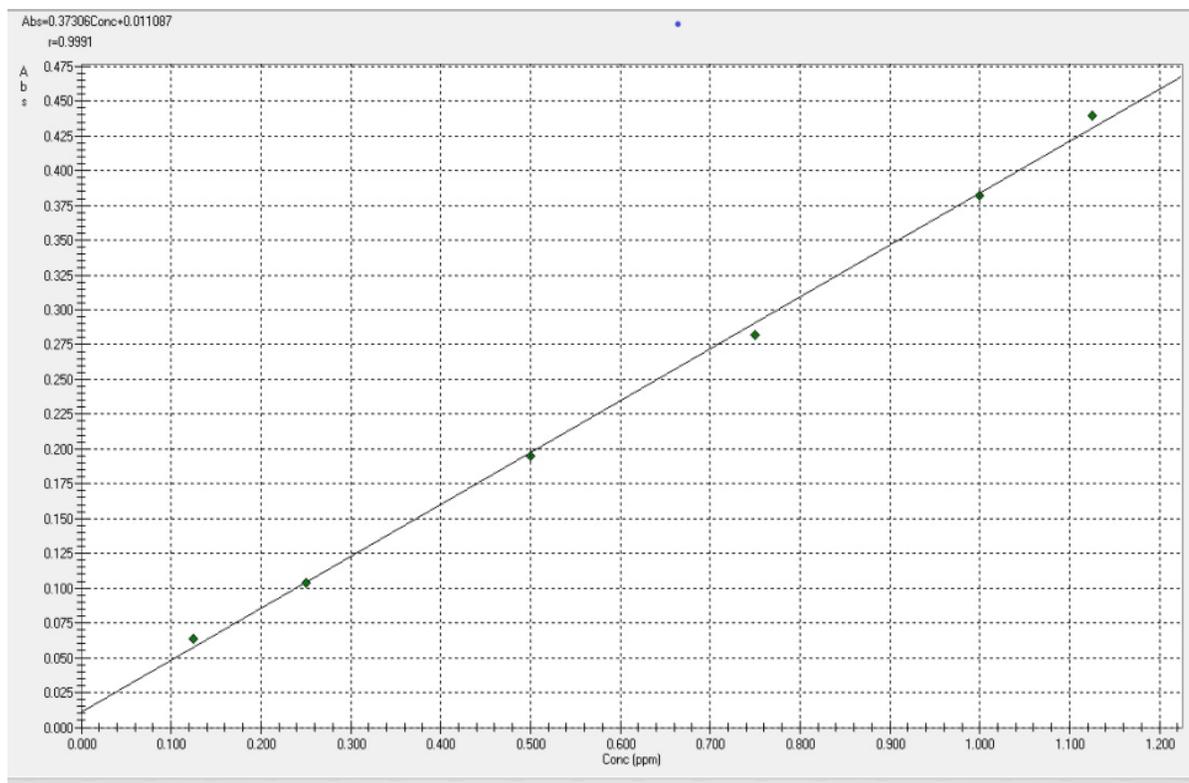


Figura 11. Curva de calibración determinación de potasio por EAA.
Fuente: Elaboración Propia.

Cabe mencionar que se hicieron varias diluciones de la muestra de cenizas, pero en ningún caso se detectó presencia de potasio en dicha muestra. Las fuentes consultadas expresan que el contenido de este nutriente ronda el 0.89% [19].

DETERMINACIÓN DE pH

Para la determinación de pH se tomó como referencia el método AOAC 981.12, el cual detalla el uso de un potenciómetro para dicha medición, obteniendo un valor de pH de 5.7 en la muestra medida.

CELULOSA

El porcentaje de celulosa de la muestra estudiada se desarrolló siguiendo la metodología TAPPI T-212 Technical Association of the Pulp and Paper Industry, el cual se basa en un ataque degradativo de la muestra en medio básico. El resultado obtenido fue de 21.39% de materia celulósica.

LIGNINA

El porcentaje de lignina de la muestra estudiada se desarrolló siguiendo la metodología TAPPI T-222, el cual se basa en un ataque degradativo de la muestra en medio ácido. El resultado obtenido fue de 39.81% de lignina en la cáscara de cacao.

7.3. PRUEBAS DE FORMULACIÓN DEL SUSTRATO

Para poder comparar la efectividad de la cáscara de cacao como parte de un sustrato, se desarrollaron diferentes mezclas, seleccionando como mezclas de estudio las siguientes.

Tabla 7. Mezclas de sustrato seleccionadas para el estudio.

Fuente: Elaboración propia.

# Mezcla	Contenido del sustrato	Composición aproximada
1	Tierra Negra	100
2	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial (Orgánicos San Julián)	50-50
3	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum)	50-50
4	Tierra Negra + Cáscara de Cacao	50-50
5	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao	50-50

Se trabajó con la cáscara de cacao con dos formas de partícula diferente, con la finalidad de ver el impacto de cada sustrato en el desarrollo de la plántula. Una forma se asemeja a una textura pastosa, en cambio la otra forma se asemeja a una textura y tamaño de partícula tipo harina o polvo.

7.4. PRUEBAS COMPARATIVAS DE GERMINACIÓN DE LAS PLÁNTULAS

Para estas pruebas se seleccionaron semillas de dos hortalizas (tomate y pepino) para la observación del desarrollo de sus plántulas en los diferentes sustratos y escenarios donde fueron sembradas.

La siembra se realizó en tres diferentes escenarios:

1. Bandeja para germinación 288 celdas.
2. Almacigo para sembrar plantas de 2 pulgadas.
3. Maceta de barro rectangular 21x50x29 cm.

Basado en técnicas de siembra en semilleros se colocaron 2 semillas de cada hortaliza por espacio. Según la información de las semillas el tiempo de germinación está en el rango de 5 a 10 días, por lo tanto, se tomará como día de observación comparativo el día 7 después de la siembra. Los resultados obtenidos para esta prueba se obtienen a partir del número de semillas sembradas versus el número de plántulas germinadas con desarrollo óptimo (tamaño y color).

Para el tomate se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8. Porcentaje de plántulas de tomate germinadas de forma óptima en bandeja de germinación.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Bandeja para germinación	Tierra Negra.	60
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial. (Orgánicos San Julián)	100
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	60
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	100
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	60

Tabla 9. Porcentaje de plántulas de tomate germinadas de forma óptima en almacigo.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Almacigo	Tierra Negra.	75
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial. (Orgánicos San Julián)	75
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	100
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	100
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	25

Tabla 10. Porcentaje de plántulas de tomate germinadas de forma óptima en maceta.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Maceta	Tierra Negra.	75
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial. (Orgánicos San Julián)	50
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	100
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	75
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	25

Para el pepino se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11. Porcentaje de plántulas de pepino germinadas de forma óptima en bandeja de germinación.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Bandeja para germinación	Tierra Negra.	50
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial. (Orgánicos San Julián)	90
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	30
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	90
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	60

Tabla 12. Porcentaje de plántulas de pepino germinadas de forma óptima en almácigo.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Almácigo	Tierra Negra.	75
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial. (Orgánicos San Julián)	100
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	100
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	100
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	75

Tabla 13. Porcentaje de plántulas de pepino germinadas de forma óptima en maceta.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Sustrato	% de plántulas germinadas
Maceta	Tierra Negra.	25
	Tierra Negra + Abono Orgánico Comercial (Orgánicos San Julián)	75
	Tierra Negra + Musgo (Sphagnum).	100
	Tierra Negra + Cáscara de Cacao.	100
	Tierra Negra + Harina de Cáscara de Cacao.	50

7.5. RENDIMIENTO

Una relación del número de mazorcas de cacao tipo criollo necesarias para la obtención de una determinada cantidad de sustrato de cáscaras de cacao, se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 14. Relación del número de mazorcas y el sustrato producido.

Fuente: Elaboración propia.

Variable	Cantidad
Masa promedio de mazorca hueca.	150 gramos aproximadamente
Mazorcas huecas necesarias para producir 1 kg de sustrato.	7 mazorcas aproximadamente
Mazorcas huecas necesarias para producir 25 libras de sustrato.	76 mazorcas aproximadamente

8. CONCLUSIONES

- 1) La elaboración de un sustrato a partir de un adecuado procesamiento de las cáscaras de cacao es una opción factible de bioprospección agroindustrial, por ser un excelente método de aprovechamiento y transformación de un desecho en un biomaterial alternativo.
- 2) La composición química de la cáscara de cacao tales como humedad, ceniza, celulosa, lignina, nitrógeno, fósforo y potasio, están directamente relacionadas al acondicionamiento y el aporte de nutrientes del sustrato hacia las plántulas para potenciar su desarrollo.
- 3) Los valores obtenidos en la caracterización de las mazorcas dependen de condiciones como el tipo de suelo, variables agrometeorológicas, calidad de agua, abono y especie de la planta.
- 4) El tamaño de partícula es un factor que influye en la efectividad de la cáscara del cacao en el sustrato como soporte material y nutritivo de las plántulas, sin duda un tamaño muy fino dificulta la absorción de los nutrientes y condiciona al sustrato a tener características más secas.
- 5) El escenario de siembra condiciona el desarrollo óptimo de las plántulas, factores como requerimiento de agua, distribución de nutrientes y estabilidad de la plántula, se ven afectados por la relación del espacio de germinación (área de desarrollo y profundidad de siembra).

9. RECOMENDACIONES

- 1) Se deben tomar en cuenta modificaciones en los métodos para el procesamiento efectivo de las cáscaras de cacao, para obtener una mezcla más uniforme y homogénea, tal y como se presentan los abonos comerciales.
- 2) Realizar un estudio comparativo de sustratos para plántulas a partir de la cáscara de los tres tipos de cacao que se cultivan en nuestro país.
- 3) Otros subproductos obtenidos del beneficiado del cacao podrían ser considerados en la formulación de otros biomateriales, por ejemplo, la cascarilla de la semilla del cacao, para buscar más alternativas de valor agregado a los subproductos que actualmente se consideran como un desecho agrícola.

10. GLOSARIO

Analito. Es un término utilizado sobre todo en la química analítica, donde hace referencia a una sustancia, la cual puede ser un ion, un elemento, o incluso un compuesto determinado, que posee un interés en la muestra.

Beneficiado del cacao. Beneficio o cura del cacao es simplemente el proceso que se realiza al grano para que reúna las condiciones físicas, químicas y sensoriales que exige la industria y el consumidor final.

Curva de calibración. Método utilizado en química analítica para determinar la concentración de una sustancia (analito) en una muestra desconocida, sobre todo en disoluciones. El método se basa en la relación proporcional entre la concentración y una determinada señal analítica (propiedad). Conociendo esta relación, será posible conocer la concentración en una muestra dada mediante la medida de esa señal. La relación concentración – señal se suele representar en una gráfica a la que se le conoce como curva de calibración o curva de calibrado.

Espectroscopia de Absorción Atómica (a menudo llamada espectroscopia AA o AAS, por Atomic Absorption Spectroscopy). Es un método instrumental de la química analítica que permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos. Esta técnica se utiliza para determinar la concentración de un elemento particular (el analito) en una muestra.

Espectrofotometría UV-visible. Se refiere a técnicas donde se mide cuánta luz de una longitud de onda particular (color) es absorbida por una muestra. El color a menudo puede correlacionarse con la presencia o estructura de una sustancia química particular.

Mineral. Los minerales son sustancias inorgánicas distribuidas ampliamente por la naturaleza y presentes también en los alimentos. Son componentes esenciales para el ser humano, el organismo no los puede sintetizar a partir de otros compuestos. Se encuentran en el cuerpo formando parte de diversas estructuras como dientes, huesos, sangre, etcétera. Los minerales que se consideran esenciales en nutrición suman un total de 26. Entre ellos: calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, hierro, cinc, yodo, cobre, manganeso y flúor.

pH. Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presentes. Este valor es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7, la sustancia es alcalina o básica.

Plántula. Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.

Polvo. Es un nombre genérico para las partículas sólidas con un diámetro menor a los 500 micrómetros. En este estudio, se considera polvo al producto de la molienda de cáscaras deshidratadas de papa y plátano y de los restos de repollo.

Residuo. Materia inservible que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa.

Sustrato. Es todo aquel material sólido o soporte físico diferente al suelo, que puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, introducido en un recipiente, tierra o un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite y facilita el anclaje del sistema radicular de las plantas, su desempeño y soporte.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. N. G. Molina, «Estudio y aprovechamiento de los residuos del cacao de la compañía Nestlé como estrategia comercial,» Guayaquil, 2018.
- [2] P. E. E. H. Méndez, «Agroindustrialización del cacao como estrategia de desarrollo económico local. Caso de estudio: Municipio de San Pedro Nonualco,» San Salvador, 2019.
- [3] M. H. N. P. y S. VILLANUEVA. [En línea]. Available: <http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS003.pdf>.
- [4] E. Barros, «Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación,» Madrid, Mundi-prensa, 1997, p. 287.
- [5] A. Bunt, «Media and mixes for container grown plants,» London, Unwin Hayman, 1988, p. 309.
- [6] V. Terres, A. Artexte y A. Beunza, «Caracterización física de los sustratos de cultivo,» *Revista Horticultura*, nº 125, 1997.
- [7] J. Fuentes, «El suelo y los fertilizantes,» Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1999.
- [8] M. Llurba, «Parámetros a tener en cuenta en los sustratos,» *Revista Horticultura*, nº 125, 1997.
- [9] J. J. Valla, *Botánica. Morfología de las plantas superiores.*, Buenos Aires: Hemisferio Sur., 1979.
- [10] J. E. Ortiz, Y. Mejía, D. E. González, L. S. García-Alzate y X. Cifuentes-Wchima, «Alternativa de biorremediación a partir de residuos de cacao en la obtención de hongos *Pleurotus ostreatus* con la implementación de un análisis multicriterio,» *ION*, vol. 33, pp. 70-71, 2020.
- [11] J. N. Rodríguez C, «Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera,» Centro Nacional de Investigación de Café-Cenicafé, Colombia, 2005.
- [12] R. Contreras, «La Guía,» 2013. [En línea]. Available: <https://biologia.laguia2000.com/botanica/el-cacao>. [Último acceso: 24 enero 2021].
- [13] I. P. J. Manuel, «"Manual de Aplicación de Descriptores Agromorfológicos para la Identificación y Registro de Cultivares Salvadoreños de *Theobroma cacao*",» El Salvador, 2009.
- [14] O. Crescente y M. Acosta, «Aprovechamiento de los desechos de cacao (*Theobroma cacao* L.),» Venezuela, 2016.
- [15] S. Loyo, «Exportación de cascaras, películas y demás residuos de cacao hacia Perú.,» Ecuador, 2015.
- [16] Programa Regional de Vredeseilanden en Mesoamérica, VECOMA, «"Estudio Análisis de la Cadena de Valor del Cacao en El Salvador",» San Salvador, 2016.

- [17] Dirección General de Economía Agropecuaria, DGEA, «Sistematización Política Nacional de Cacao El Salvador,» San Salvador, 2016.
- [18] Instituto Salvadoreño para el Desarrollo de la Mujer, ISDEMU, San Salvador, 2013.
- [19] N. Delgado Gutierrez, «Plan de manejo integral de residuos derivados de la extracción de la pulpa de cacao en la Hacienda Bellavista, Luz de América, provincia de Azuay - Ecuador,» 2018.
- [20] Z. Mena, «Informe de la Calidad del agua de los ríos. El Salvador / 2012 - 2013,» San Salvador, 2013.
- [21] O. Esquivel, «Diagnóstico Nacional de la Calidad de Aguas Superficiales en El Salvador,» San Salvador, 2007.
- [22] M. A. Cañas, Y. C. Abud y M. M. Trujillo, «Evaluación de la toxicidad ocasionada por el exceso de micronutrientes en plantas de *Arabidopsis thaliana*.», *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, vol. 1, nº 14, pp. 30-306, 2013.
- [23] C. A. Yépez Guerrero, «Remoción de detergentes de aguas residuales textiles empleando hongos seleccionados obtenidos a partir de efluentes de industria textil y evaluación de su tolerancia a metales pesados a nivel de laboratorio,» 2011.
- [24] L. C. Platt Sanchez, «Estudio de biosorción de metales pesados de un efluente de origen antropogénico utilizando *E. coli*,» Universidad de Sonora, 2001.
- [25] I. Rodríguez, J. González y V. Juárez, «El uso de diferentes biomásas para la eliminación de metales pesados en sitios contaminados,» *Ide@s CONCYTEG*, vol. 7, nº 85, pp. 911 - 922, 2012.
- [26] A. Vézina y M. Baena, «ProMusa,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [27] «Infoagro.com,» Sin año. [En línea]. Available: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp. [Último acceso: 20 abril 2017].
- [28] M. R. Boniolo, «Biossorcao da uranio nas cascas de banana,» Sao Paolo, 2008.
- [29] V. Caballero, «Evaluación del uso de la cáscara del banano (*Musa AAA*) variedad Williams para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano.,» Guatemala, 2012.
- [30] A. Alvarado y D. Gómez, «Estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cáscaras de *musa sapientum* (banano) utilizadas como filtro.,» San Salvador, 2013.
- [31] A. V. García, «Elaboración de una bioresina intercambiadora de cationes para eliminar metales pesados en aguas a partir de cascara de plátano o guineo,» Santa Tecla, 2014.

- [32] B. Noeline, D. Manohar y T. Anirudhan, «Kinetic and equilibrium modelling of lead (II) sorption from water and wastewater by polymerized banana stem in a batch reactor,» *Separation and Purification Technology*, vol. 2, nº 45, pp. 131-140, 2005.
- [33] T. Anirudhan y I. Shibi, «Preparation of a cation exchanger containing carboxyl groups from banana stalk and its utilization as chelating agent,» *Infomusa*, vol. 1&2, nº 16, pp. 7-11, 2007.
- [34] U. Kumar, «Agricultural products and by-products as a low cost adsorbent for heavy metal removal from water and wastewater: a review,» *Sci Res Essays*, vol. 1, nº 2, pp. 033 - 037, 2006.
- [35] V. Y. Carrillo y N. E. S. Muñoz, «Elaboración de un filtro a base de carbon activado obtenido del endocarpo de coco con el proposito de reducir la dureza en el agua potable,» San Salvador, 2013.
- [36] Y. Ho y A. Ofomaja, «Biosorption thermodynamics of cadmium on coconut copra meal as biosorbent.,» *Biochemical Engineering Journal*, vol. 2, nº 30, pp. 117-123, 2006.
- [37] A. Vieira, S. Santana, C. Bezerra, H. Silva, J. d. Melo, E. d. S. Filho y C. Airoidi, «Copper sorption from aqueous solutions and sugar cane spirits by chemically modified babassu coconut (*Orbignya speciosa*) mesocarp,» *Chemical engineering journal*, vol. 1, nº 16, pp. 99-105, 2010.
- [38] A. Vieira, S. A. Santana, C. W. Bezerra, H. A. Silva, J. A. Chaves, J. C. de Melo y C. Airoidi, «Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarp,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 2, nº 166, pp. 1272-1278, 2009.
- [39] C. R. López y O. S. Reyes, «Propuesta de elaboración de un filtro para el tratamiento de boro en aguas residuales provenientes de La Geo, Ahuachapán.,» San Salvador, 2012.
- [40] J. Velásquez, L. Mejía, F. Carrasquilla, R. López y B. Garcés, «Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco pre tratada con vapor.,» *Revista Investigaciones Aplicadas*, vol. 1, nº 1, 2007.
- [41] Comercial Click E.I.R.L, «Carbón activado,» [En línea]. Available: <http://www.carbonactivado.cl/wp-content/uploads/Ficha-t%C3%A9cnica-carbon-activado-polvo-para-efecto-desodorizante-y-decolorante.pdf>. [Último acceso: 31 enero 2018].
- [42] C. A. R. Guerra, «El carbón activado para el tratamiento del agua,» 2009.

12.ANEXOS

12.1. ANEXO 1. PROCEDIMIENTO ANÁLISIS DE HUMEDAD (AOAC 20.013)

- Preparación de las cápsulas de porcelana, secar en una estufa por 1 hora a 105°C.
- Pesarse la cápsula vacía.
- Colocar la cantidad de muestra según las especificaciones del método (Mx = 2 gramos).
- Llevar la cápsula con la muestra a la estufa a una temperatura de 100°C.
- Hasta obtener una masa constante.
- Se realizó la prueba por duplicado.

Especificaciones para la determinación del contenido de humedad según tipo de matriz. Fuente: AOAC. Official Methods of Analysis 20th Edition, (2016).

Matriz	Cantidad de muestra	Temperatura	Tiempo	Presión	Referencia	Observaciones
Azúcares crudos de caña y remolacha, azúcares refinados. Jarabes de maíz y otros edulcorantes derivados del almidón (glucosa y fructosa). Gelatina	2-5 g	< 70 °C	1º período: 2h, Sigüientes: 1h	< 50 mm Hg	AOAC 925.45	Terminado el 1º período pesar la muestra. Si es necesario rehidratar la muestra con una pequeña cantidad de agua y secar 1 hr. más. Luego pesar hasta conseguir una diferencia entre sucesivos secados < 2mg
Té, granos	2 g	95-100 °C	5 h	< 100 mm Hg	AOAC 925.19	Moler y tamizar granos
Cacao y sus productos	2 g	100°C	Hasta masa constante	Atmosférica	AOAC 931.04	
Café	5 g	98-100 °C	5,5 h	< 25 mm Hg	AOAC 968.11	
Carna y sus derivados.	2 g	95-100 °C	5 h	< 100 mm Hg	AOAC 950.46	
Nueces	Suficiente para obtener 2 g de material seco	95-100 °C	5 h (aprox.)	< 100 mm Hg	AOAC 925.40	No es apto para productos altos en azúcar o productos que contengan glicerol o propilenglicol

Ecuación N°1:

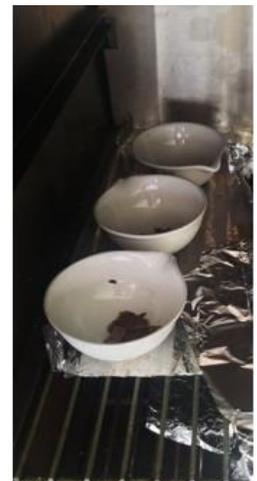
$$\% \text{ Humedad} = 100 * \frac{Ma - Mb}{Ma - M}$$

Dónde:

M = masa en gramos de la cápsula

Ma = masa en gramos de la cápsula con la muestra

Mb = masa en gramos de la cápsula con la muestra seca.



12.2. ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CENIZAS (AOAC 18.025)

- Preparación de los crisoles, secar en una estufa por 1 hora a 105°C.
- Pesar el crisol vacío.
- Colocar la cantidad de muestra según las especificaciones del método (Mx = 3 gramos).
- Llevar el crisol con la muestra a la mufla a una temperatura de 550°C.
- Hasta obtener cenizas blancas o grisáceas.
- Se realizó la prueba por duplicado.

Especificaciones para la determinación del contenido de cenizas según tipo de matriz. Fuente: AOAC. Official Methods of Analysis 20th Edition, (2016).

Matriz	Cantidad de muestra	Temperatura	Referencia	Observaciones
Granos de cereales, semillas oleaginosas	3-5 g	550°C	AOAC 923.03	
Productos horneados	3-5 g	550°C	AOAC 923.03	
Productos horneados, pan, harina de trigo	3-5 g	550°C	AOAC 930.22	
Azúcares y jarabes	5-10 g	525°C	AOAC 900.02A	
Mantequilla, mayonesa	1,5 – 2,5 g	≤ 500°C	AOAC 920.117	
Leche en polvo	1 g	≤ 550°C	AOAC 930.30	
Leche, fórmula nutricional infantil.	5 g	≤ 550°C	AOAC 945.46	1. Para muestra líquida, previo a masar el peso inicial, temperar la muestra a 38°C + 1°C. 2. Luego de masar peso inicial, evaporar la muestra hasta sequedad en un baño de agua.
Carne y derivados	3-5 g	550°C	AOAC 920.153	

Ecuación N°2:

$$\% \text{ Cenizas} = 100 * \frac{M2 - M0}{M1 - M0}$$

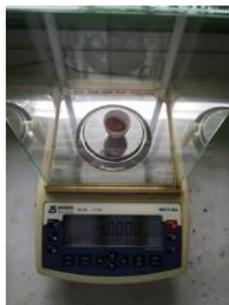
Dónde:

% cenizas= porcentaje de cenizas expresado en g/100g

M0 = masa en gramos del crisol

M1 = masa en gramos del crisol más la muestra

M2 = masa en gramos del crisol más las cenizas obtenidas



12.3. ANEXO 3. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL Y NITRÓGENO POR EAA (AOAC 985.35)

TRATAMIENTO DE MUESTRAS.

DIGESTIÓN:

Para cuantificar el contenido de fósforo total y nitrógeno en los desechos de cacao se utilizaron muestras deshidratadas, pulverizadas y tamizadas. Primero se sometieron a un proceso de digestión, tal y como sigue:



Se pesó 1 gramo de polvo de cacao y se disolvió en 50 ml de agua



La muestra se sometió a una digestión ácida en caliente.



La solución se enfrió y se neutralizó con NaOH 1N

La muestra digerida fue filtrada y se tomaron alícuotas para la determinación de nitrógeno y fósforo por absorción molecular.

DETERMINACIÓN DE POTASIO POR EAA (AOAC 985.35)

El procedimiento fue el siguiente:



Calcínación de polvo de cacao a 550°C



Disolución de cenizas en ácidos.



Filtrado de muestra acidificada.



Lectura de la muestra y estándares de potasio en el espectrofotómetro

12.4. ANEXO 4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE CELULOSA (TAPPI T-212)

- Cantidad de muestra a analizar: 1 gramo
- Tratar la muestra con NaOH 17.5% (reposo 1.5 horas)
- Filtrar la solución tratada
- Secar en estufa entre 65 - 85°C hasta obtener masa constante
- Realizar el cálculo

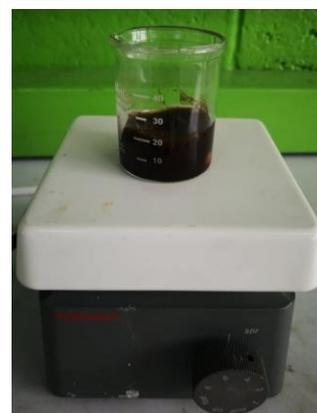
$$\% \text{celulosa} = \frac{\text{Masa de la muestra después del tratamiento y secado}}{\text{Masa de la muestra antes del tratamiento y secado}} \times 100$$



12.5. ANEXO 5. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LIGNINA (TAPPI T-222)

- Cantidad de muestra a analizar: 1 gramo
- Tratar la muestra con H₂SO₄ 72 % (agitación constante 2 horas)
- Filtrar la solución tratada
- Secar en estufa entre 65 - 75°C hasta obtener masa constante
- Realizar el cálculo

$$\% \text{lignina} = \frac{\text{Masa de la muestra después del tratamiento y secado}}{\text{Masa de la muestra antes del tratamiento y secado}} \times 100$$



12.6. ANEXO 6. ESCENARIOS PARA LAS PRUEBAS DE SIEMBRA

Bandeja para germinación 288 celdas.



Almácigo para sembrar plantas de 2 pulgadas.



Maceta de barro rectangular 21x50x29 cm.



12.7. ANEXO 7. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN BANDEJA



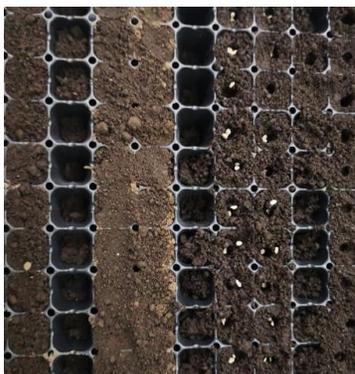
Utilizando el semillero pequeño se rellenó cada espacio con las diferentes formulaciones.



Basado en técnicas de siembra en semilleros se colocaron 2 semillas de cada hortaliza por espacio.



Basado en técnicas de siembra en semilleros se colocaron 2 semillas de cada hortaliza por espacio.



Se siguió ejecutando la misma metodología hasta tener todas las formulaciones previstas.



Transcurrido 3 días se apreciaban los primeros brotes en las siembras de pepino con formulación tierra negra + abono orgánico comercial y en la formulación tierra negra + residuos de cacao.

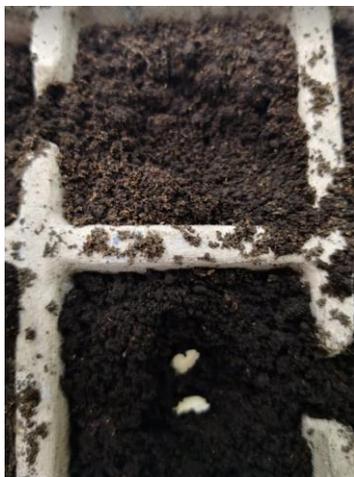


Transcurrido 6 días se observó un crecimiento exponencial de las siembras, tanto de pepino como de tomate.



Transcurrido 7 días, en las plántulas de mayor altura se evidenciaba la necesidad de una mayor área de desarrollo.

12.8. ANEXO 8. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN ALMÁCIGO



Se repitió la metodología de siembra de la bandeja de germinación.

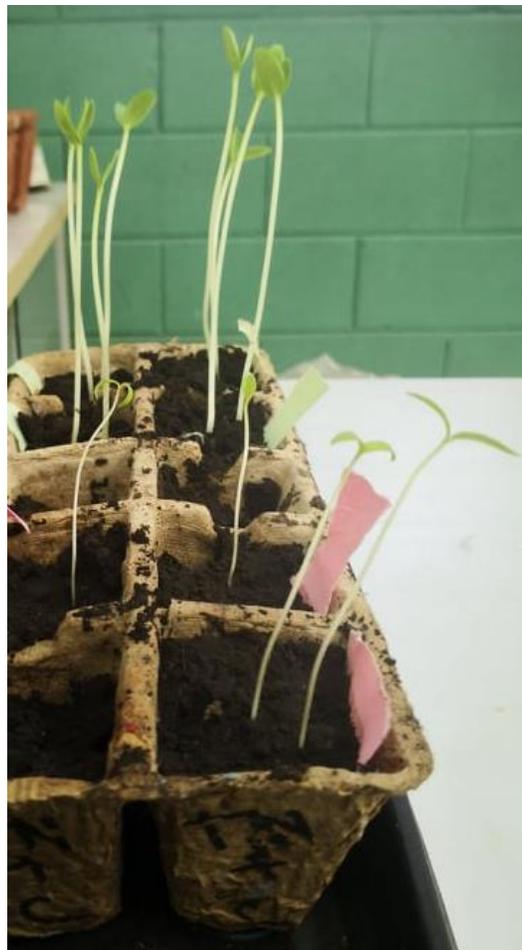


Transcurrido 4 días se apreciaban los primeros brotes en las siembras de pepino para todas las formulaciones. Las siembras de tomate no presentaban brotes tan visibles.





Transcurrido 7 días se observó un crecimiento exponencial de las siembras, tanto de pepino como de tomate.



12.9. ANEXO 9. PRUEBAS DE SIEMBRA Y GERMINACIÓN EN MACETA



Se repitió la metodología de siembra de la bandeja de germinación.



Transcurrido 4 días se apreciaban los primeros brotes en las siembras de pepino para las formulaciones de tierra negra + residuos de cacao, tierra negra + abono orgánico y tierra negra. Las siembras de tomate no presentaban brotes tan visibles.

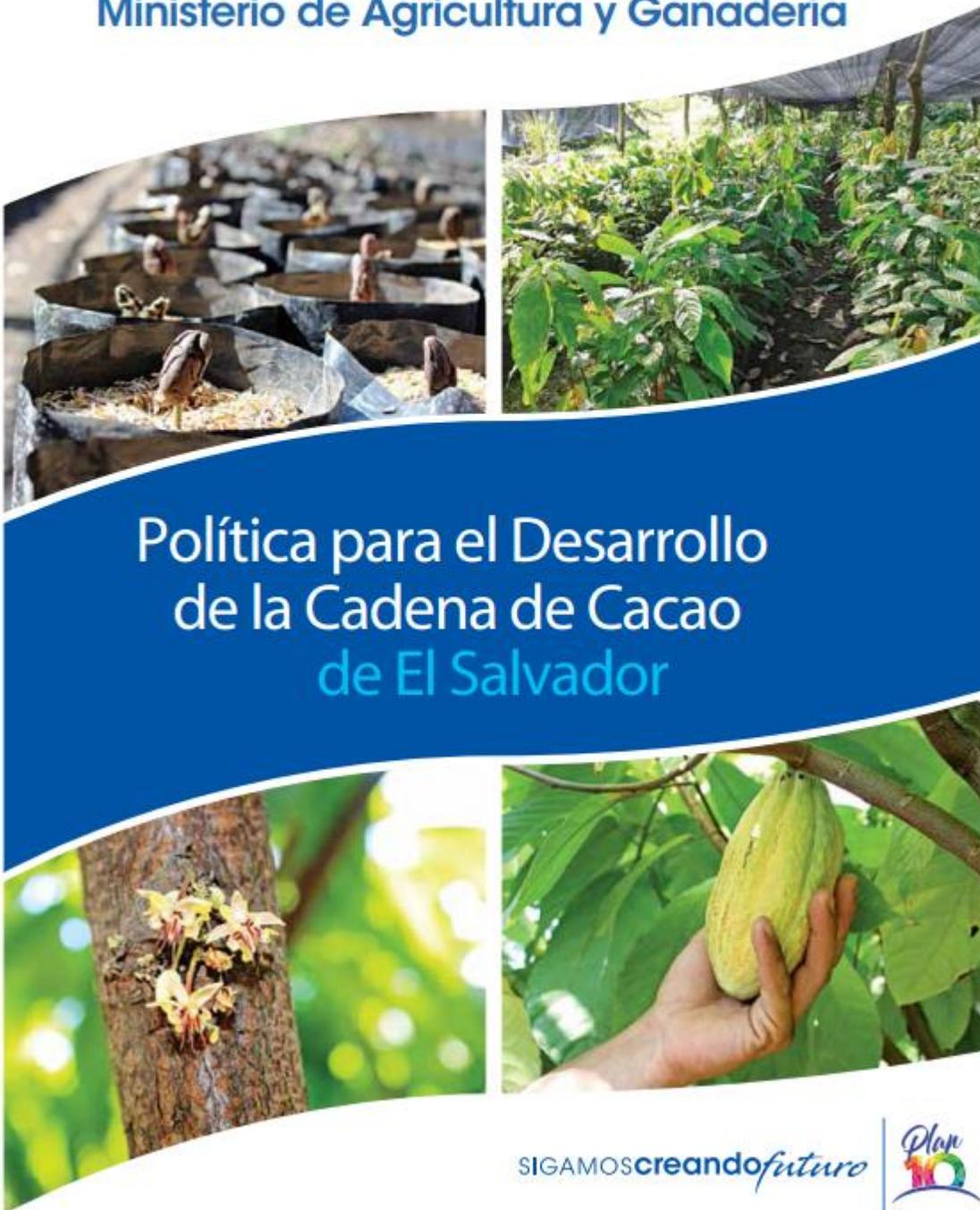


Transcurrido 7 días se observó un crecimiento de las siembras, tanto de pepino como de tomate.





Ministerio de Agricultura y Ganadería



Política para el Desarrollo de la Cadena de Cacao de El Salvador

SIGAMOS *creando futuro*





VI. EJES ESTRATÉGICOS DE LA POLÍTICA

EJE 1 - FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

En este eje se desarrollará la investigación y validación de tecnología, encaminada a resolver la problemática de la cadena de valor y que promueva el desarrollo e innovación tecnológica; de igual manera, fomentar relaciones armónicas para la transferencia y asistencia técnica.

ACCIONES

- 0.1. Fortalecer y desarrollar capacidades técnicas del recurso humano que realiza investigación, innovación y transferencia en la cadena de valor.
- 0.2. Ampliar la currícula académica en los niveles educativos de secundaria y superior, con la incorporación de temáticas relacionadas a la cacaocultura.
- 0.3. Fomentar la competitividad de los eslabones de la cadena de valor del cacao a través de la investigación, adaptación y transferencia de tecnologías sostenibles.
- 0.4. Desarrollar relaciones armónicas con entidades y con actores públicos y privados de la cadena de valor, a fin de ejecutar diversas acciones en los territorios que garanticen la asistencia técnica y transferencia de tecnología.
- 0.5. Promover la conservación, protección y desarrollo del cacao nacional, con énfasis en los finos de aroma, a fin de disponer y mantener materiales de alta calidad genética.
- 0.6. Fortalecimiento institucional para el desarrollo tecnológico de la cadena de valor de cacao.
- 0.7. Garantizar el resguardo del material genético por parte del MAG a través del CENTA.

0.8. Fomentar el intercambio de experiencias con países productores de cacao de variables similares.

EJE 2- FOMENTAR EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO PARA CONTRIBUIR A LA ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO

Promover el desarrollo de producción de cacao con variedades fino de aroma en sistemas agroforestales que contribuya a mejorar los servicios ecosistémico y la biodiversidad en los territorios.

ACCIONES

- 1.1 Planificar de manera estratégica la producción de cacao con énfasis en fino de aroma, que articule los esfuerzos y compromisos de los actores para el escalonamiento de la producción de cacao
- 1.2 Promover relaciones armónicas entre los actores públicos y privados, a fin de ejecutar acciones en los territorios para favorecer la dinámica del cultivo en sistemas agroforestales.
- 1.3 Incrementar la capacidad de adaptación a la variabilidad climática, por medio de la implementación de prácticas sostenibles en el manejo del cultivo, que contribuya a mejorar la resiliencia y la seguridad alimentaria de los productores en las zonas cacaoteras.

EJE 3 - DESARROLLO DE LA AGROINDUSTRIA CACAOTERA

Propiciar condiciones para el fomento y fortalecimiento de la agroindustria, con énfasis en la diferenciación del cacao salvadoreño.

ACCIONES

- 2.1 Promover relaciones armónicas con actores públicos y privados de la cadena de valor, que contribuyan a la competitividad de la agroindustria del cacao.
- 2.2 Contribuir a la agroindustria nacional mediante la investigación e innovación, para la obtención de productos con calidad, inocuidad y diferenciación conforme a la demanda del mercado nacional e internacional.
- 2.3 Apoyar la creación, reactivación y desarrollo de pequeña y medianas empresas (PYMES) para la transformación de productos derivados del cacao con alto potencial comercial y económico.
- 2.4 Promover el establecimiento y mejora de la infraestructura y obtención de equipo para la post cosecha y transformación

EJE 4 - COMERCIALIZACIÓN DEL CACAO Y SUS DERIVADOS

Posicionar el cacao fino de aroma y productos de valor agregado de El Salvador en mercados especializados a nivel nacional e internacional, con la finalidad de acceder y mejorar oportunidades económicas y la calidad de vida de los actores involucrados.

ACCIONES

- 3.1 Promover estrategias de mercadeo con énfasis en cacao finos de aroma y sus productos derivados, que impulse su historia y arraigo cultural para su posicionamiento en los mercados nacional e internacional.
- 3.2 Promover la investigación y los diferentes instrumentos de acceso a mercados y sistemas de comercialización a nivel nacional e internacional.

- 3.3 Fortalecer y desarrollar capacidades técnicas de las diferentes entidades públicas y privadas en mercadeo, con el fin de capacitar, asistir y orientar a los actores de la cadena de valor, en función de las oportunidades que ofrecen los diferentes mercados.
- 3.4 Fomentar y desarrollar los procesos de organización a nivel territorial que impulsen los negocios asociativos.
- 3.5 Vincular al Estado en la promoción y reconocimiento del cacao salvadoreño a nivel nacional e internacional.

EJE 5 - FORTALECIMIENTO DE LA ASOCIATIVIDAD Y ORGANIZACION ENTRE LOS ACTORES DE LA CADENA DE VALOR DE CACAO

Generar los espacios de coordinación entre los distintos actores de la cadena de valor, a fin de impulsar su participación activa en empresas asociativas legalmente constituidas con gestión transparente.

ACCIONES

- 5.1. Articulación de acciones y esfuerzos interinstitucionales para la formulación y ejecución de alianzas y planes de fortalecimiento organizacional de los actores de la cadena de valor y el desarrollo de incentivos a dicha cadena.
- 4.2. Fortalecer y consolidar los grupos organizados o en proceso de organización vinculados al sector cacaotero, con el fin de que mejoren sus condiciones asociativas para fortalecer la competitividad.
- 4.3. Promover la integración de las organizaciones afines a la actividad cacaotera para que se favorezca la producción, asistencia técnica, valor agregado, comercialización e información de precios y mercado.

EJE 6 - ACCESO A FINANCIAMIENTO

Facilitar el acceso a crédito para el financiamiento de la cadena de valor por medio de la vinculación a la Banca estatal, con líneas de financiamiento preferencial.

- 5.1 Desarrollar instrumentos de financiamiento para cacao
- 5.2 Gestionar apoyo técnico y financiero con la cooperación internacional a fin de desarrollar la cadena de valor del cacao

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

www.itca.edu.sv

