



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “USO DE LA CÁSCARA DE LA MAZORCA DE
CACAO COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO PARA LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS”**

AUTOR: TRUJILLO MOROCHO, VIVIANA TRUJILLO

DIRECTOR: ING.LANDÁZURI ABARCA, PABLO ANIBAL

SANGOLQUÍ

2017



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*USO DE LA CÁSCARA DE LA MAZORCA DE CACAO COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS*", realizado por la señorita *VIVIANA LUCIA TRUILLO MOROCHO*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar a la señorita *VIVIANA LUCIA TRUJILLO MOROCHO* para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2017

ING. PABLO ANIBAL LANDÁZURI ABARCA

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *VIVIANA LUCIA TRUJILLO MOROCHO*, con cédula de identidad N° 1722721097, declaro que este trabajo de titulación “*USO DE LA CÁSCARA DE LA MAZORCA DE CACAO COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS*”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2017

TRUJILLO MOROCHO VIVIANA TRUJILLO

C.C 1722721097



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **VIVIANA LUCIA TRUJILLO MOROCHO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“USO DE LA CÁSCARA DE LA MAZORCA DE CACAO COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE HORTALIZAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 29 de noviembre de 2017

TRUJILLO MOROCHO VIVIANA LUCIA
C.C 1722721097

DEDICATORIA

A Dios y mis abuelitos que desde el cielo cuidan de mí y bendicen mi camino
A mi madre Lucia por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional, por ser
más que mi madre una amiga
A mi padre Vinicio por el apoyo brindado durante mi vida estudiantil
A mi hermano Adrián por todos los buenos momentos compartidos

AGRADECIMIENTO

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1 por permitirme formar parte del grupo selecto de alumnos y al personal docente por su dedicación y conocimientos compartidos, en especial a Lic. Marco Taco e Ing. Flavio Padilla.

A INIAP Santa Catalina, AGROCALIDAD y ALEPROCA instituciones que me brindaron su apoyo e hicieron posible la culminación de este proyecto.

A mi tutor Ing. Pablito Landázuri por su tiempo y dedicación en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi familia y amigos, en especial a mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento y a mis amigos por todos los buenos momentos compartidos.

Vivi Trujillo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN ii

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD iii

AUTORIZACIÓN iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTOS vi

ÍNDICE DE CONTENIDO vii

ÍNDICE DE TABLAS xii

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

RESUMEN xv

ABSTRACT xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Justificación..... 2

1.3 Planteamiento del problema 2

1.3.1 Problema..... 3

1.3.2 Causas..... 3

1.3.3 Efectos 3

1.4 Objetivos 3

1.4.1 Objetivo General 3

1.4.2 Objetivos Específicos 3

1.5 Hipótesis..... 4

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA 5

2.1	Sustrato.....	5
2.1.1	Generalidades	5
2.1.2	Características físicas y químicas de un sustrato	6
2.2	Turba	9
2.3	Compuestos bioquímicos presentes en sustratos.....	11
2.3.1	Alcaloides.....	11
2.3.2	Saponinas	12
2.3.3	Taninos	12
2.4	Cultivo de cacao en Ecuador.....	13
2.4.1	Subproductos.....	14
2.5	Familias de hortalizas.....	14
2.5.1	Solanaceae (Tomate riñón).....	14
2.5.1.1	Origen.....	14
2.5.1.2	Descripción botánica	15
2.5.1.3	Germinación	16
2.5.2	Asteraceae (Lechuga).....	16
2.5.2.1	Origen.....	16
2.5.2.2	Descripción botánica	16
2.5.2.3	Germinación	17
2.5.3	Apiceae (Apio)	17
2.5.3.1	Origen.....	17
2.5.3.2	Descripción botánica	17
2.5.3.3	Germinación	18
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA		19
3.1	Ubicación del lugar de toma de muestras.....	19

3.1.1	Ubicación Política	19
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	19
3.1.3	Ubicación Ecológica	19
3.2	Ubicación de la investigación fase de laboratorio.....	20
3.2.1	Ubicación Política	20
3.2.2	Ubicación Geográfica.....	20
3.2.3	Ubicación Ecológica	20
3.3	Ubicación del lugar de investigación fase de campo	21
3.3.1	Ubicación Política	21
3.3.2	Ubicación Geográfica.....	21
3.3.3	Ubicación Ecológica	21
3.4	Materiales	21
3.4.1	Materiales de campo.....	21
3.4.2	Materiales, equipos y reactivos de laboratorio	22
3.5	Métodos.....	22
3.6	Protocolo de elaboración de un sustrato.....	22
3.7	Caracterización del sustrato de cacao.....	23
3.7.1	Tamaño de partícula del sustrato de cacao.....	23
3.7.2	Mojabilidad	23
3.7.3	Densidad aparente	23
3.7.4	Densidad real.....	23
3.7.5	Porosidad.....	23
3.7.6	Porcentaje de expansión	24
3.7.7	Ceniza y materia orgánica	24
3.7.8	pH y Conductividad eléctrica.....	24
3.7.9	Nitrógeno total.....	24

3.7.10	Concentraciones totales de Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn, P:.....	24
3.7.11	Inocuidad o del sustrato.....	25
3.8	Evaluación del sustrato de cacao.....	25
3.8.1	Establecimiento del experimento	25
3.8.2	Diseño Experimental	25
3.8.3	Factores a probar	25
3.8.4	Tratamientos a comparar	25
3.8.5	Tipo de diseño	26
3.8.6	Repeticiones o bloques.....	26
3.8.7	Características de la UE	26
3.8.8	Croquis del diseño	27
3.8.9	Métodos específicos del manejo del experimento.....	27
3.8.10	Análisis estadístico.....	29
3.8.11	Coefficiente de variación.....	29
3.8.12	Análisis funcional.....	29
3.8.13	Variables a medir	30

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33	
4.1	Establecimiento de protocolo	33
4.2	Caracterización física, química, microbiológica y bioquímica.....	34
4.2.1	Pruebas físicas	34
4.2.2	Pruebas químicas.....	35
4.2.3	Pruebas bioquímicas.....	41
4.2.3.1	Prueba de detección de alcaloides	41
4.2.3.2	Prueba bioquímica de detección de saponinas y taninos.....	44
4.2.3.3	Pruebas microbiológicas	46

4.2.4	Evaluación del sustrato de cacao.....	48
4.2.4.1	Porcentaje de Germinación	48
4.2.4.2	Peso fresco de tres especies de hortalizas bajo dos tratamientos	49
4.2.4.3	Peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz y peso seco de las plantas....	50
4.2.4.4	Altura alcanzada y número de hojas verdaderas	52
4.2.4.5	Contenido de clorofila y carotenoides.....	54
4.2.4.6	Prueba rápida de germinación de rábano	55

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **56**

5.1	Conclusiones	56
5.2	Recomendaciones.....	56
5.3	Bibliografía.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Niveles óptimos en las propiedades físicas y fisicoquímicas de un sustrato.....	8
Tabla 2	Propiedades físicas de la turba según su textura.....	9
Tabla 3	Propiedades físicas de las turba. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición.....	10
Tabla 4	Tratamientos establecidos en los invernaderos de ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).	25
Tabla 5	Programa de fertilización y fumigación manejada en el semillero ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).	28
Tabla 6	Temperatura (°C) y Húmedad relativa (%) manejadas en el semillero ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).	29
Tabla 7	Tratamientos establecidos para la extracción de alcaloides en el sustrato de cacao	31
Tabla 8	Prueba física de granulometría en el sustrato de cacao en diferentes Ø de tamices	35
Tabla 9	Pruebas de físicas densidad aparente, densidad real, mojabilidad, capacidad de campo, punto de marchitez, ceniza, materia orgánica, expansión, porosidad en el sustrato de cacao	37
Tabla 10	Pruebas químicas de pH y conductividad eléctrica en el sustrato de cacao lavado y sin lavar	38
Tabla 11	Prueba química de macro y micro nutrientes del sustrato elaborado a partir de la cáscara de mazorca de cacao, sin lavar, lavado y mezcla	38
Tabla 12	Pruebas bioquímicas de alcaloides (Dragendorff, Mayer, Wagner) en el sustrato de cacao	41
Tabla 13	Pruebas bioquímicas de taninos gálicos, taninos catequéticos y saponinas en el sustrato de cacao contrastado con quinua y canela	44
Tabla 14	Pruebas microbiológicas de detección de hongos en el sustrato de cacao	47

Tabla 15	Promedio \pm error estándar del porcentaje de germinación de tres especies de hortalizas lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>), apio (<i>Apium graveolens</i> .) en tres tipos de sustrato, ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017).	49
Tabla 16	Promedio \pm error estándar del peso fresco de tres especies de hortalizas sembradas en dos tipos de sustratos	50
Tabla 17	Promedio \pm error estándar del peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz y peso seco de las plantas de tres especies de hortalizas lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>), apio (<i>Apium graveolens</i> .) en tres tipos de sustrato, ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017).	52
Tabla 18	Promedio \pm error estándar de la altura alcanzada y número de hojas verdaderas en tres especies de hortalizas: lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i>), apio (<i>Apium graveolens</i> .) en dos sustratos, ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017).	54
Tabla 19	Promedio \pm error estándar de % de clorofila, Clorofila A, Clorofila B, Clorofila total y Carotenoides en las hojas de 3 especies de hortalizas: lechuga (<i>Lactuca sativa</i>), tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>), apio (<i>Apium graveolens</i>), ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017).	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Curva de retención de agua en un sustrato	7
Figura 2	Hcda Lolita, La Concordia, Sto Domingo, Ecuador (2017).....	19
Figura 3	Hcda. El Prado, San Fernando, Pichincha, Ecuador (2017).....	20
Figura 4	ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017).....	21
Figura 5	Croquis del experimento ALEPROCA, Puembo, Ecuador (2017)	27
Figura 6	Agitación del alcohol etílico y ajuste de pH.....	32
Figura 7	Establecimiento de tratamientos para extracción de alcaloides.....	32
Figura 8	Diagrama del proceso del protocolo de elaboración de sustrato de cacao	33
Figura 9	Prueba bioquímica de Dragendorff para detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados.....	41
Figura 10	Prueba bioquímica de Mayer para la detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados.....	42
Figura 11	Prueba bioquímica de Wagner para la detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados.....	42
Figura 12	Prueba de alcaloides (Dragendorff) realizada en chocho y agua.....	43
Figura 13	Prueba de detección de saponinas en el sustrato de cacao después de cinco lavados	44
Figura 14	Prueba de espuma para detección de saponinas en quinua y agua	45
Figura 15	Prueba de detección de taninos catéquicos en el sustrato de cacao después de cinco lavados	45
Figura 16	Prueba de detección de taninos gálicos en el sustrato de cacao después de cinco lavados.....	46
Figura 17	Vista al microscopio de <i>Rhizopus</i> en el sustrato de cacao.....	47
Figura 18	Vista al microscopio de <i>Aspergillus</i> en el sustrato de cacao	47

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la viabilidad del uso de la cáscara de cacao como alternativa de sustrato para la germinación de tres familias de hortalizas Asteraceae (lechuga variedad Waltz), Solanaceae (tomate riñón variedad Taconazo) y Apiceae (apio variedad criollo). Se establecieron tres tratamientos, el primero se mezcló 50% turba BM2 y 50% sustrato de cacao, el segundo 100% sustrato de cacao y el tercero se mezcló 50% turba BM2 y 50% turba Pindstrup. Se estableció un protocolo para la elaboración del sustrato, el material fue caracterizado en sus propiedades físicas de densidad aparente, densidad real, mojabilidad, capacidad de campo, punto de marchitez, expansión, porosidad, ceniza, materia orgánica y granulometría, propiedades químicas de pH, conductividad eléctrica, macro y micro nutrientes, caracterización microbiológicas dentro del sustrato y pruebas bioquímicas de detección de alcaloides mediante Dragendorff, Mayer y Wagner, saponinas mediante la prueba de la espuma y taninos gálicos y taninos catéquicos. El porcentaje de germinación de semillas de lechuga sembradas fueron T1: 71,77%, T2: 21,45%, T3: 93,82%, el porcentaje de germinación de semillas de tomate riñón fueron T1: 30,51%, T2: 23,40% T3: 47,16% y el porcentaje de germinación de las semillas de apio fueron T1: 29,03%, T2: 16,27% T3: 38,85%. El desarrollo de las plantas fue deficiente ya que se encontró problemas en el contenido de alcaloides y en la estructura del sustrato.

PALABRAS CLAVE:

- **SUSTRATO**
- **GERMINACIÓN**
- **CÁSCARA DE CACAO**
- **HORTALIZAS**

ABSTRACT

In the present research, the viability of the use of cocoa husk as an alternative substrate for the germination of three families of vegetables Asteraceae (lettuce, variety Waltz), Solanaceae (tomato variety Taconazo) and Apiceae (celery variety criollo) were evaluated. Three treatments were established, the first was mixed 50% peat BM2 and 50% cocoa substrate, the second 100% cocoa substrate and the third was mixed 50% peat BM2 and 50% peat Pindstrup. A protocol was established for the elaboration of the substrate, the material was characterized in its physical properties of apparent density, real density, wettability, field capacity, wilting point, expansion, porosity, ash, organic matter and granulometry, chemical properties of pH, electrical conductivity and macro and micro nutrients, biological properties of recognition of microorganisms in the substrate and biochemical tests for the detection of alkaloids by Dragendorff, Mayer and Wagner, saponins by the foam test and gallic tannins and catechins tannins. The germination percentage of lettuce seeds planted were T1: 71.77%, T2: 21.45%, T3: 93.82%, the germination percentage of tomato seeds were T1: 30.51%, T2: 23.40% T3: 47.16% and the percentage of germination of celery seeds were T1: 29.03%, T2: 16.27% T3: 38.85%. The development of the plants was poor, problems were found in the alkaloid content and the structure of the substrate.

KEY WORDS:

- **SUBSTRATE**
- **GERMINATION**
- **COCOA HUSK**
- **VEGETABLES**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La contaminación ambiental se produce esencialmente por el exceso de basura de las industrias. La tecnología actual busca nuevos y mejores materiales para ser industrializados, generando un mínimo de desechos y utilizando estos, para la fabricación de productos útiles para ser incorporados en el proceso industrial y dar un valor agregado a los mismos.

En el Ecuador existe una diversidad de residuos provenientes de cultivos como: palma, banano, fibra de coco, maíz y cacao. Uno de los residuos agrícolas más aprovechado para la elaboración de sustratos, es la fibra de coco. En muchos países es utilizado para la propagación de plantas. Los sustratos a base de fibra de coco mantienen la estructura de las plantas durante sus primeras etapas, lo cual es de importancia para la obtención de plantas de calidad permitiendo que las raíces puedan penetrar con mayor intensidad promoviendo fibrosidad y un mejor anclaje en el suelo (Baque, 2015) .

Entre los productos agrícolas ecuatorianos de exportación se destaca la producción de cacao fino y de aroma, que es apetecido por el mercado internacional para la elaboración de chocolate, en los últimos años se ha constituido en uno de los productos con mayor trascendencia económica, es el tercer cultivo de importancia dentro del país, luego de las flores y el banano (Sotomayor, 2011).

Según datos del Censo Nacional Agropecuario, la producción de cacao entre el año 2004 y 2005, considerado el año cacaotero, fue alrededor de 110 000 toneladas métricas anuales, de los cuales el 12% corresponde a la cascarilla de cacao, se concluye que la actividad cacaotera de nuestro país generó un promedio aproximado de 13 200 toneladas. año^{-1} de desecho en el lapso señalado (Murillo, 2008).

La presente investigación pretende la elaboración de un sustrato a partir de los desechos de las mazorcas de cacao, dándole un tratamiento previo para que exista

una adecuada germinación de semillas hortícolas contribuyendo a la reducción de la contaminación por medio de dichos desechos y la obtención de un beneficio económico.

1.2 Justificación

La producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) ha constituido un importante ingreso de divisas en la economía ecuatoriana ya que es un producto de exportación muy apetecido en el mercado internacional para la fabricación de chocolate y sus derivados. Ecuador se encuentra en el séptimo lugar como país productor de cacao, dentro del mercado mundial de cacao fino y de aroma ocupa el primer lugar con más del 70% de producción global luego le sigue Indonesia (PROECUADOR, 2013).

Según el Censo Agropecuario del año 2000 el Ecuador producía un aproximado de 500 000 hectáreas de cacao (*Theobroma cacao L.*) siendo las provincias de Los Ríos, Manabí, Esmeraldas, Guayas y El Oro donde se encuentra la mayor producción. En el año 2012 se registró una exportación de cacao y sus elaborados por un total de 496.63 millones de dólares y 182 794 toneladas, la comercialización de este producto se encuentra en tercer lugar luego de las exportaciones de banano y flores (Murillo, 2008).

1.3 Planteamiento del problema

En la explotación cacaotera se utiliza únicamente la semilla para la fabricación de productos elaborados y semielaborados, la cual representa aproximadamente el 10% del peso del fruto fresco, expertos en la fabricación de dichos productos, determinan que el rendimiento de 100 kg de semilla de cacao es alrededor del 85%, su valor restante es considerado desechos de los cuales cascarilla de cacao corresponde el 12% (Murillo, 2008).

La mayoría de las plantaciones cacaoteras del país y del mundo no saben cómo descartar los desechos presentándose un grave problema por el impacto ambiental y económico. Ante esta situación se pretende buscar una solución mediante la reincorporación de los desechos a procesos industriales como la elaboración de sustrato de la cáscara, como una alternativa para la germinación de semillas.

1.3.1 Problema

En la explotación cacaotera se utiliza únicamente la semilla para la fabricación de productos elaborados y semielaborados, lo cual representa aproximadamente el 10% del peso del fruto fresco (Murillo, 2008). Existe la falta de conocimiento poblacional acerca de la elaboración de subproductos a partir de los desechos agrícolas orgánicos como la cáscara de la mazorca de cacao.

1.3.2 Causas

La falta de conocimiento para el procesamiento de subproductos a partir de los residuos agrícolas, se ha emprendido una búsqueda activa de materiales alternativos o sustitutivos de sustratos convencionales por ciertas razones: elevado precio de sustratos comerciales, su cuestionable disponibilidad futura por motivos ecológicos (Abad & Noguera, 2005).

1.3.3 Efectos

El uso de un sustrato a partir de la cáscara de cacao es viable, para la germinación de hortalizas obteniendo un efecto en la disminución de la contaminación ambiental, ya que los productores en el momento de la cosecha los residuos son arrojados directamente al suelo. Otro efecto positivo es la industrialización de la cáscara de mazorcas de cacao dando un valor agregado a este desecho y por ende la obtención de un beneficio económico adicional al agricultor, por la venta de este subproducto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar la viabilidad del uso de la cáscara de la mazorca de cacao como alternativa de sustrato para la germinación de semillas de hortalizas frente a un sustrato comercial común en Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer un protocolo de elaboración de un sustrato a base de los residuos de mazorcas de cacao como alternativa de germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

- Caracterizar el sustrato de residuos de mazorcas de cacao mediante pruebas físicas, químicas, microbiológicas y bioquímicas, para la germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio.
- Evaluar el sustrato de residuos de mazorcas de cacao, mediante una prueba de germinación, adaptación y desarrollo de las plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

1.5 Hipótesis

Ho: El uso de sustrato a partir de la cáscara de mazorca de cacao no es una alternativa para la germinación de las plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

H1: El uso de sustrato a partir de la cáscara de mazorca de cacao es una alternativa para la germinación de las plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sustrato

Sustrato es todo aquel material sólido distinto del suelo, natural o sintético, orgánico o mineral, en forma pura o en mezcla, que otorga anclaje al sistema radicular y, por consiguiente, desempeña un rol de soporte a la planta (Abad, Martínez, & Martínez, 1993), además de aportar nutrientes asimilables para las plantas.

Según FAO (2002) un buen sustrato tiene ciertas características como la acumulación y suministro de grandes cantidades de agua, para permitir intervalos amplios entre riegos; su estructura es estable a lo largo del período de empleo y una textura conocida que haga posible mantener un gran volumen de aire para la aireación del sistema radicular, incluso si se produce un exceso de riego. Absorción y retención de nutrientes en forma asimilable para las plantas, tener una buena capacidad amortiguadora para compensar cualquier exceso o déficit de nutrientes, ser química y biológicamente inerte.

2.1.1 Generalidades

Una vez entendido el concepto general de sustrato, se puede comprender que la función del sustrato es similar a la del suelo, el desempeño que cumplen es de soporte para el desarrollo radicular y el sostén de las plantas. Cabe recalcar que sus características químicas, físicas y biológicas son muy diferentes a pesar que su función es similar, ya que el suelo es considerado un ente vivo, químicamente activo y con características físicas dadas por su formación.

La diferencia más importante entre el suelo y el sustrato es la densidad aparente, por ejemplo el sustrato comercial como la turba, su peso es la décima parte del peso del suelo. Es por esto que a los sustratos orgánicos se les efectúa un muestreo por volumen más que por el peso (Abad M. , Noguera, Noguera, Roig, & Paredes, 1997).

2.1.2 Características físicas y químicas de un sustrato

Un buen sustrato es indispensable para la producción de plántulas de alta calidad, las propiedades físicas son consideradas las más importantes, ya que estas no pueden ser cambiadas una vez que el cultivo este establecido, al contrario las propiedades químicas pueden ser alteradas después de establecer el cultivo, por ejemplo si un sustrato no posee pH adecuado, se puede utilizar mejoradores como sustancias nutritivas o abonos o si existe un pH elevado se puede realizar un lavado para la lixiviación de las sales minerales (Cabrera, 1998).

Un sustrato ideal debe tener, entre otras características, una porosidad superior al 85%, una capacidad de aireación de entre 10 y 30% y de 20 a 30% de agua fácilmente asimilable (Baque, 2015).

2.1.2.1 Características físicas

2.1.2.1.1 Densidad aparente

La densidad aparente está definida como la relación entre la masa del material seco a 105 °C y el volumen ocupado, incluido el espacio de poros intermedio, también se puede decir que la densidad aparente es la masa del volumen del sustrato, según Abad & Noguera (2005), se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo incluyendo el espacio poroso. La densidad aparente puede ser tan baja como 0.15 g.cm^{-3} .

2.1.2.1.2 Tamaño de partícula

La constitución de los sustrato está dado por la mezcla de partículas de diferentes tamaños, los cuales al organizarse forman los poros del suelo, de acuerdo con Martínez & Roca (2011), la granulometría de un sustrato expresa la distribución de las partículas como porcentaje de la masa de cada fracción de tamaño, en relación con la masa total seca al aire.

2.1.2.1.3 Mojabilidad

Abad, Martínez, & Martínez (1993), señalan que la mojabilidad se expresa como el tiempo (minutos) necesario para que se absorban 10 ml de agua destilada, a través

de una muestra de sustrato seco a 40°C, señala también que el nivel óptimo es igual o menor a 5 minutos.

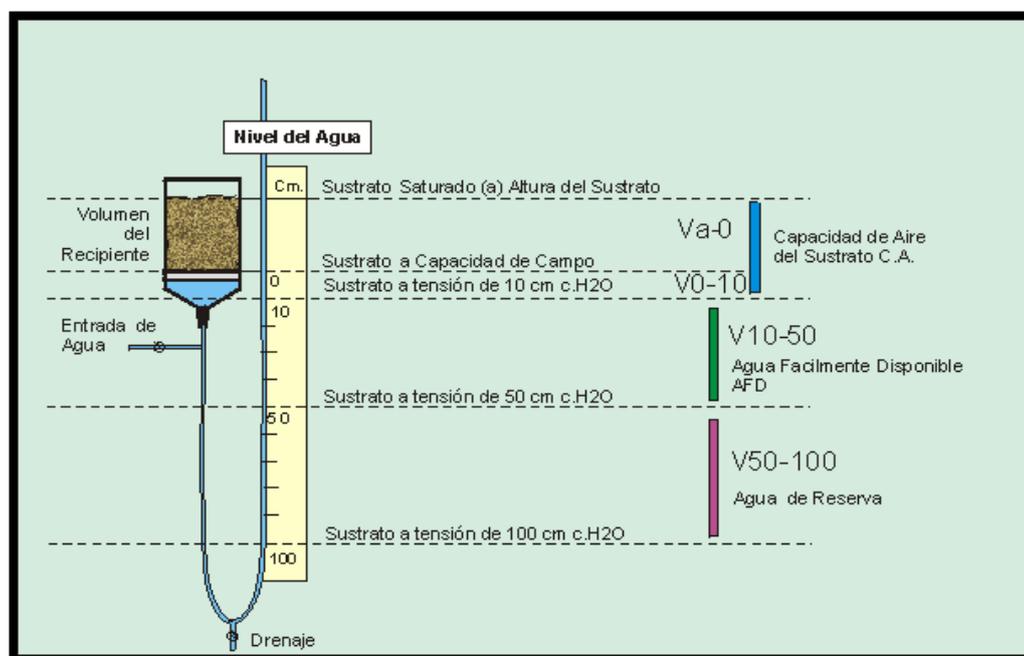


Figura 1 Curva de retención de agua en un sustrato

Fuente: (Calderón & Cevallos, 2001)

2.1.2.2 Características químicas

2.1.2.2.1 Capacidad de intercambio catiónico

Se define como la cantidad de cationes que se encuentran presentes en la superficie de un sustrato y generalmente suelen intercambiarse con los cationes de las soluciones nutritivas, hasta alcanzar un equilibrio. Los materiales orgánicos presentan una gran capacidad de intercambio catiónico y una alta capacidad tampón frente a cambios rápidos en la disponibilidad del pH y los nutrientes (Haro, 2009).

2.1.2.2.2 pH

El pH o potencial de Hidrogeno se lo puede definir como un valor para conocer la concentración de H^+ y por consiguiente la concentración de OH^+ en una solución acuosa entre 1.0 M de H^+ y 1.0 M de OH^+ y este método se lo representa mediante un logaritmo (Nelson & Cox, 2000), el pH del sustrato puede afectar la

disponibilidad de iones para la planta. Existen materiales altos en carbonato cálcico los cuales son problemáticos y se deben desechar por elevar el pH de la solución en exceso. El rango de 5 a 6,5 se considera el óptimo en extracto de saturación (Martinez & Roca, 2011).

Tabla 1
Niveles óptimos en las propiedades físicas y fisicoquímicas de un sustrato

Propiedad	Rango de valores
Tamaño de partícula (mm)	0.25-2.50
Densidad aparente ($g.cm^3$)	<0.75
Densidad real ($g.cm^3$)	1.45-2.65
Espacio poroso total (% vol)	>85
Capacidad de aireación (% vol)	20-30
Agua fácilmente disponible (% vol)	20-30
Agua de reserva (% vol)	4-10
Agua total disponible (% vol)	24-40
Contracción	<30
pH	5.2-6.5
CE	0.75-3.5
CIC	
Fertirriego permanente	Nula o muy baja
Fertirriego ocasional	>20

Fuente: (Martinez & Roca, 2011)

2.1.2.2.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se define como la cantidad de iones, contenido de sales e inclusive de compuestos orgánicos presentes en la solución del sustrato que permiten el paso de la corriente eléctrica (Haro, 2009), en los sustratos se encuentran distintos orígenes de salinidad los cuales son provocados por distintos factores. Es necesario el análisis de CE en los sustratos ya que pueden poseer cierto grado de salinidad por su origen, grado de descomposición, industrialización o simplemente por el manejo de la fertilización.

2.2 Turba

El origen de la turba es un líquen conocido como *Sphagnum Peat Moss*, que mediante un proceso de fosilación va formando capas que se acumulan con el tiempo hasta formar las turberas. La turba es una forma disgregada de vegetación de un pantano que no se encuentra descompuesta totalmente debido al exceso de agua y a la falta de oxígeno, esto favorece a la formación de materia orgánica en los que se pueden diferenciar restos de diferentes especies vegetales (Pennisfeld & Kursman, 1983).

Martinez & Roca (2011) afirman en uno de sus estudios que, se distinguen dos tipos de turba se pueden clasificar en dos grupos, las turbas poco descompuestas; conocidas también como turbas rubias, son materiales de reacción ácida ya que su origen es en zonas altas de precipitaciones abundantes, son pobres en minerales, por ser muy lavado, conservan su estructura y equilibrio entre agua y aire después del riego.

Las propiedades físicas de una turba rubia poco descompuesta dependen de su textura. El otro grupo se conoce como muy descompuestas; conocida como turba negra, no tienen estructura y con frecuencia son muy salinizadas, presentan menor aireación que las turbas poco descompuestas.

Tabla 2
Propiedades físicas de la turba según su textura

Características		Textura media fina	Textura Gruesa
Densidad aparente		0.093	0.054
Densidad real	$g.cm^{-3}$	1.22	1.22
Espacio poroso total		92	96
Capacidad de aireación	%	12	54
Agua fácilmente disponible		38	15
Agua de reserva		10	4
Agua total disponible		48	19

Fuente: (Martinez & Roca, 2011).

De acuerdo con la FAO (2002), el contenido de materia orgánica de la turba debe ser superior al 80% en peso seco. La mayor parte de las turbas tienen escaso contenido de cenizas, menor del 5%, lo que indica que su cantidad de nutrientes, aparte del N, es baja. La cantidad de turbas existentes en el mercado es el resultado de su composición botánica, condiciones de formación y descomposición como ya señalado anteriormente.

Tabla 3
Propiedades físicas de las turba. Influencia de la composición botánica y el grado de descomposición

Propiedades	TURBA		
	<i>Sphagnum</i> rubia	<i>Sphagnum</i> negra	<i>Herbacea</i> negra
Índice de grosor (%)	46	42	-
Densidad aparente $g.cm^{-3}$	0.07	0.14	94
Espacio poroso total (%)	96	91	94
Capacidad de aireación (% vol)	41	18	15
Agua fácilmente disponible (% vol)	25	28	18
Agua de reserva (% vol)	6	7	8
Agua total disponible (% vol)	31	35	36
Agua difícilmente disponible (% vol)	24	38	53
Capacidad de retención de agua (ml/l)	687	804	741
Mojabilidad (min)	17	3	0.5
Contracción (% vol)	22	34	90

Fuente: (Abad, Martínez, & Martínez, 1993)

2.3 Compuestos bioquímicos presentes en sustratos

2.3.1 Alcaloides

Se puede definir como un compuesto nitrogenado, de origen natural generalmente vegetal, estos son derivados en general de aminoácidos más o menos básicos, su importancia dentro de la farmacología es importante, a dosis bajas y su distribución es restringida. Los alcaloides responden a reacciones comunes de precipitación (Paris & Hurabielle, 1981). La masa molecular de los alcaloides varían entre 100 y 900, son incoloros y su sabor es amargo con excepción de aquellos que son altamente conjugados, los alcaloides base son poco solubles en agua y a temperatura ambiente son sólidos (Arango, 2008).

La teoría más sólida sobre la función de los alcaloides y fenoles argumenta que su acumulación implementa un rol biológico como mecanismo de auto defensa, estos compuestos actúan como sustancias alelopáticas, ayudan a la disminución del ataque de hongos que producen enfermedades como mancha negra, moniliasis y escoba de bruja, principales enfermedades que producen grandes pérdidas económicas (Smyth, 1992).

La presencia de alcaloides en los tejidos de las plantas de cacao se produce por productos de desecho o el almacenamiento del exceso de nitrógeno, como una equivalencia al ácido úrico en los animales o reguladores de crecimiento (Evans, 2000).

Funciones de los alcaloides en las plantas

- Su función es equivalente a la del ácido úrico en los animales, sirven como producto de desecho o almacenamiento de nitrógeno que se encuentra en exceso (Elika, 2013).
- Cuando los alcaloides son asociados con ácidos orgánicos, se facilita su transporte, pueden servir como medio de almacenamiento de nitrógeno no metabolizado (Arango, 2008).
- Según la micro química, se ha podido determinar la localización de los alcaloides, estos se encuentran en los tejidos periféricos de las plantas, recubrimiento de semillas, tallos, cortezas de frutos y epidermis de la hoja, lo

que conlleva a poder afirmar, que gracias al sabor amargo protege a las plantas del ataque de insectos (Arango, 2008).

El principal alcaloide que se encuentra en el cacao (*Theobroma cacao*) es la teobromina, es derivado de bases púricas, de gran importancia a nivel mundial por su consumo, actúan como excitantes del sistema nervioso central. Se encuentran por lo general en los vegetales junto con taninos, por medio de alcalinización se puede desplazar el alcaloide de sus combinaciones tánicas (Pharmacop, 2010).

2.3.2 Saponinas

Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, su naturaleza estructural es anfifílica, lo cual le atribuye propiedades tensoactivas y hemolíticas, estas sustancias bioquímicas pueden actuar en las plantas como efecto piscida, insecticida, anti protozoos y en los animales como anti inflamatorio y anti agregante plaquetario (Mena, et al., 2015). El peso molecular de las saponinas es elevado varía entre 600 a 2000, el aislamiento en su estado puro es dificultoso, se pueden hidrolizar con ácidos, azúcares o ácidos urónicos (Debenedetti & Wilson, 2012).

La principal característica de las saponinas, es la producción de una espuma persistente en contacto con el agua, además de tener la propiedad de aumentar la permeabilidad de las paredes celulares y por hemolisis destruir los hematíes. Las saponinas son solubles en soluciones hidroalcohólicas y difíciles de cristalizar (López, 2001).

2.3.3 Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos de origen vegetal, su peso molecular es relativamente elevado, su sabor es astringente, es conocido en especial por su capacidad de curtir las pieles desde hace varios siglos. A esta propiedad se le atribuye la capacidad que tiene de unirse con macromoléculas como las proteínas e hidratos de carbono. Son compuestos hidrosolubles, solubles también en alcohol y acetona. En los vegetales se pueden encontrar unidos a otros compuestos bioquímicos como los alcaloides y proteínas (Dey & Harborne, 1989).

- **Taninos Hidrolizables** o también conocidos como gálicos o pirogálicos, estos taninos se hidrolizan con gran facilidad por ácidos y álcalis como por vía enzimática generalmente su formación es patológica (Dey & Harborne, 1989).
- **Taninos no hidrolizables** o condensados o catéquicos: estos taninos no se pueden hidrolizar porque tienen un esqueleto en su composición química carbonado continuo, fundidos con álcalis llegan a formar taninos pirocatéquicos. Se los pueden encontrar en la madera de encina, roble, hojas de té, etc (Delporte, 2010).

2.4 Cultivo de cacao en Ecuador

El cacao es un cultivo originario de América Central y del Sur, se desarrolla mejor en lugares donde hay abundantes precipitaciones durante todo el año y existe una temperatura relativamente estable entre 25 a 28° C. Este cultivo demora entre 4 a 5 años en producir y alcanza su máximo pico de producción entre los 8 y 10 años, esto depende de la variedad y condiciones físicas y edafológicas (PROECUADOR, 2013).

El cacao ecuatoriano es reconocido internacionalmente por su excelente calidad y aroma floral, en el mercado internacional se distingue entre dos clases de granos: granos ordinarios utilizados para las elaboraciones de chocolates comunes y los granos finos de aroma reconocidos por su aroma y color apreciados para la fabricación de chocolates finos, revestimientos y coberturas (Sotomayor, 2011)

El cacao ecuatoriano es altamente apreciado en el mercado internacional por su calidad y aroma. Se cultiva en la Región Central, Oriental y Occidental del país, alcanzando la producción nacional 212.249 T.M. anuales, en 491.221 hectáreas cultivadas (MAGAP & INEC, 2011). Según PROECUADOR (2013), la región que concentra la mayor superficie cosechada de cacao es la región Costa, que en el 2009 registró el 80% de la superficie total a nivel nacional. Las provincias que cuentan con una mayor superficie cosechada de cacao son Manabí, Los Ríos y Guayas, también tiene una participación Esmeraldas, el Nororiente, El Oro. Las principales provincias

de la región Sierra que cultivan cacao son Cotopaxi, Bolívar, Cañar, pero en menor participación.

MAGAP & INEC (2011) señalan que el Ecuador participa con el 2% de cacao en grano y el 1,21% de la superficie del mundo y es uno de los principales países exportadores de cacao. Por otra parte, hasta el año 1993, el país fue considerado como productor de Cacao Fino o de Aroma en un 100%. En la actualidad, según la ICCO (Internacional Cocoa Organization), sólo el 50% de la producción nacional, es considerada como Cacao Fino o de Aroma.

2.4.1 Subproductos

La falta de tecnología y conocimiento acerca de la elaboración de subproductos a partir de residuos agrícolas es un problema. Existen estudios realizados en Honduras y Costa Rica los cuales han arrojado que las cáscaras de la mazorca de cacao frescas, secadas y hechas harina, son casi tan nutritivas como el maíz en la composición de dietas del ganado vacuno (Ochse, Soule, Dijkman, & Wehlburg, 1965).

2.5 Familias de hortalizas

La presente investigación tomará como objeto de estudio a un representante de tres familias de hortalizas: Solanacea, Asteracea, Apiaceae ya que las plantas pertenecientes a estas familias son las más consumidas y cultivadas a nivel mundial por su alto contenido nutricional y su demanda en la dieta diaria (AAIC, 2003).

2.5.1 Solanaceae (Tomate riñón)

2.5.1.1 Origen

El tomate riñón es una planta perteneciente a las Solanaceas y su nombre botánico es *Solanum lycopersicum*. Su origen es americano el centro primario y especies aparentadas es el Geocentro Sudamericano que comprende algunas regiones ubicadas a lo largo de la Cordillera de los Andes, desde el norte de Chile hasta el sur de Ecuador. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia (Monardes, 2009).

Actualmente el tomate riñón es la hortaliza más cultivada a nivel mundial por su alto contenido nutricional y su demanda en la dieta diaria, se las puede cultivar a campo abierto o en invernaderos, la altitud es muy variada puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta una altura de 3200 m.s.n.m. (AAIC, 2003), su cultivo ocupa en todo el mundo unos tres millones de hectáreas, que suponen una producción de casi 85 millones de toneladas. Los principales cultivadores son Europa y América Central y del Sur, con producciones de 400.000 y 330.000 toneladas (Matheus, 2005).

El tomate riñón es una planta perenne de porte arbustivo (Quillota, 2003) perteneciente a la familia Solanaceae del género *Lycopersicum*, la especie más cultivada alrededor del mundo es *Lycopersicum esculentum* (Jaramillo, 2007), variedades Daniela, Taconazo, Cherry entre otros, por su resistencia a enfermedades, producciones elevadas, resistencia a la salinidad del agua, precocidad y cualidades gustativas (Agromàtica, 2017).

2.5.1.2 Descripción botánica

El sistema radicular es modificado por el tipo de cultivo, cuando se trata de una semilla sembrada directamente en el suelo es una raíz frondosa y puede alcanzar una profundidad de 60 cm, cuando se trata de plantas de semillero por consecuencia de las lesiones recibidas, aparece un denso sistema de raíces adventicias y extendidas lateralmente, en tal caso el aparato radical se desarrolla más en anchura que en profundidad (Matheus, 2005).

Existen algunas variedades, desde la plantación hasta la recolección de frutos:

- Variedades de ciclo corto 90 a 110 días
- Variedades de ciclo medio 100 a 120 días
- Variedades de ciclo largo 110 a 125 días

Las semillas son pequeñas de color crema o blanco de aproximadamente 5 mm de diámetro, es discoidal, está cubierta por vellosidades y escamas parcialmente gelificadas, se encuentran en el seno de las frutas; en un gramo de semillas se puede encontrar entre 250-300.

2.5.1.3 Germinación

El cultivo de tomate riñón se establece principalmente en los sectores interandinos bajo invernadero, la etapa de germinación varía entre los 6 a 12 días, dependiendo de la humedad, la temperatura y la variedad escogida (Brito, 2008). El tomate riñón germina mejor en condiciones de temperaturas que estables que oscilan entre los 20 a 30°C, responde bien a humedad no excesiva. Temperatura y humedad constante más un riego adecuado constituye el secreto para a germinación homogénea y obtención de plantas vigorosas y de calidad.

Lo ideal es que antes de que ocurra la germinación, el material de propagación o sustrato no debe ser regado otra vez; un riego adicional puede remover las raíces emergentes, enfriar las semillas o saturar el sustrato (Brito, 2008).

2.5.2 Asteraceae (Lechuga)

2.5.2.1 Origen

En la actualidad el cultivo de lechuga dispone un gran número de cultivares morfológicamente distintos, adaptados a diferentes climas y formas de cultivo. Se la conoce desde la antigüedad pero no se sabe su verdadero origen, se supone que es originaria del área comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates, en Oriente Próximo. Matheus (2005) señala que la lechuga presenta gran contenido de vitaminas y constituye unas de las hortalizas básicas para las ensaladas. Pertenece a la familia de plantas Asteraceae del género *Lactuca* y la especie más cultivada es la *Lactuca sativa*.

2.5.2.2 Descripción botánica

Es un cultivo anual con un sistema radicular profundo y poco ramificado y que en una primera fase de su ciclo forma una roseta de hojas de bordes lisos, ondulados o aserrados y de distinta forma y consistencia, que forman o no un cogollo (Matheus, 2005). Box (2005), señala que posteriormente a la formación del cogollo éste se abre, debido a factores complejos (vernalización, foto periodos largos, elevadas temperaturas), y da paso al tálamo floral, rematado en racimos o corimbos de capítulos de flores amarillentas, autógamias cuyos frutos (aquenios), considerados sus

semillas de pequeño tamaño ($800 \text{ semillas. gramo}^{-1}$), poseen vilano y una capacidad germinativa de 4-6 años (Matheus, 2005).

2.5.2.3 Germinación

La temperatura para la germinación de la semilla de lechuga oscila entre los 15 y 20° C, las temperaturas excesivas pueden ocasionar problemas como la floración temprana. El pH adecuado para la germinación debe estar entre 6 a 6,8 y la conductividad eléctrica debe ser menor a 1.3 dS. m^{-1} esto puede ocasionar la pérdida productiva (Haro, 2009).

2.5.3 Apiceae (Apio)

2.5.3.1 Origen

El origen del apio silvestre son las zonas pantanosas del centro de Europa y el oeste de Asia, el precursor del que hoy se cultiva para su comercialización, El cultivo del apio parece remontarse al siglo IX a.C. El apio es una hortaliza muy utilizada por civilizaciones como la egipcia, griega o romana, culturas que han introducido el cultivo de innumerables hortalizas, frutas y verduras en el sur de Europa (Daza, 2013).

El apio pertenece a la familia Apiceae al género *Apium* y especie *Apium graveolens*, se distinguen dos variedades cultivadas en Ecuador son: *Apium graveolens* var. *dulce* y *Apium graveolens* var. *rapaceum*; este último es el apio-nabo (Infoagro, 2015)

2.5.3.2 Descripción botánica

El apio tiene raíz pivotante, potente y profunda con raíces secundarias superficiales, del cuello de la raíz brotan tallos herbáceos que alcanzan de 30 a 80 cm de altura. Las hojas son grandes que brotan en forma de corona; el peciolo es una penca muy gruesa y carnosa que se prolonga en gran parte del limbo, las flores son de color blancas o moradas, el fruto es un aquenio y en un gramo de semillas se puede contabilizar alrededor de 1500 (Daza, 2013).

2.5.3.3 Germinación

Las semillas de apio tardan aproximadamente de 7 a 21 días en germinar, lo primero que se verán son los cotiledones u hojas falsas. En bajas temperaturas entre 10 a 15°C, las semillas de apio germinan en oscuridad, a temperaturas mayores de 18°C las semillas permanece en dormancia y la germinación requiere de luz (Hydroenvironment, 2015).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de toma de muestras

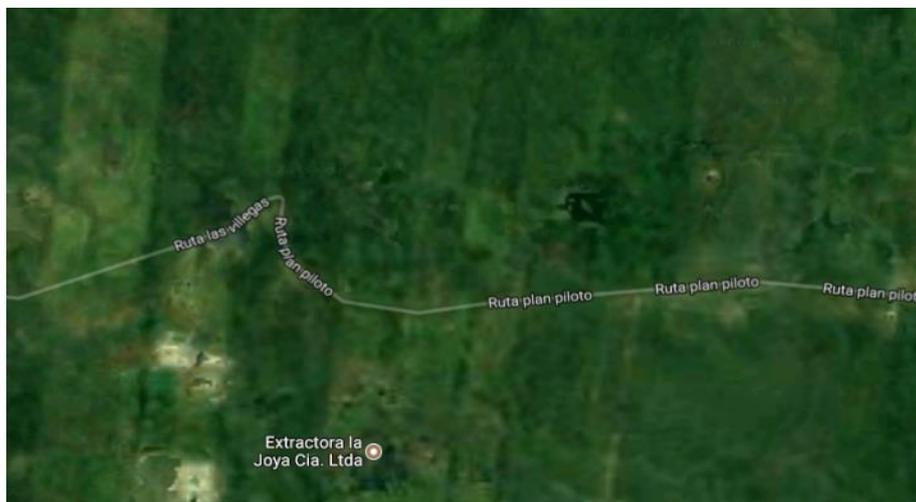


Figura 2 Hcda Lolita, La Concordia, Sto Domingo, Ecuador (2017)

Fuente: (Google Maps)

3.1.1 Ubicación Política

El lugar de recolección de muestra de la cáscara de cacao fue en la Hacienda Lolita ubicada en la Concordia- Santo Domingo, vía a Pedernales, cantón Villegas

3.1.2 Ubicación Geográfica

La finca se encuentra en las coordenadas $0^{\circ} 03' 36''$ latitud sur y $79^{\circ} 26' 44''$ longitud oeste.

3.1.3 Ubicación Ecológica

Las instalaciones se localizan a 226 msnm, con una humedad relativa de 85 % y una temperatura media de 24, 2°C cuya característica principal es bosque semi húmedo tropical.

3.2 Ubicación de la investigación fase de laboratorio



Figura 3 Hcda. El Prado, San Fernando, Pichincha, Ecuador (2017)

Fuente: (Google Maps)

3.2.1 Ubicación Política

La investigación se realizó en el Laboratorio de Química y Suelos del Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Agropecuarias de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la Hacienda El Prado, localidad de San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha.

3.2.2 Ubicación Geográfica

El laboratorio se encuentra en las coordenadas $0^{\circ} 23' 20''$ latitud sur y $78^{\circ}24' 44''$ longitud oeste.

3.2.3 Ubicación Ecológica

Las instalaciones se localizan a 2748 msnm, con una humedad relativa de 68 % y una temperatura media de 12°C cuya característica principal es bosque montano bajo del Norte de la Sierra

3.3 Ubicación del lugar de investigación fase de campo



Figura 4 ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

Fuente: (Google Maps)

3.3.1 Ubicación Política

El lugar de establecimiento del experimento fue ALEPROCA ubicada en la Puenbo- Pichicha, vía Interoceánica.

3.3.2 Ubicación Geográfica

Las instalaciones de ALEPROCA se encuentra en las coordenadas Latitud:-0.183333 y Longitud:-78,35.

3.3.3 Ubicación Ecológica

Las instalaciones se localizan a 2415 msnm, con una humedad relativa de 35 % y temperatura media de 20°C, cuya característica principal es bosque seco.

3.4 Materiales

3.4.1 Materiales de campo

Para la recolección del material se utilizó machetes, costales de 45 kg, etiquetas para identificación de muestras.

3.4.2 Materiales, equipos y reactivos de laboratorio

Los materiales a utilizarse fueron: vasos de precipitación, relojes de vidrio, morteros, tubos de ensayo de 10 ml, cajas Petri plásticas, matraces Erlenmeyer, pipetas de 5 cm^3 , pipetas de 25 cm^3 , probetas de 50 cm^3 , probetas de 100 cm^3 , morteros, balones de Kjeldahl, pinzas, soportes, termómetro, tubos de digestión.

Los equipos para la fase de laboratorio a utilizarse fueron: pHmetro, conductivímetro, extractor de humedad, tamiz automático, incubadora, cámara de flujo laminar, autoclave, balanzas, destilador de Kjeldahl, espectrofotómetro, digestor de tubos, planchas calentadoras, desecador.

Los reactivos que se utilizaron: yoduro de potasio, nitrato de bismuto, papa dextrosa agar (PDA), acetileno, nitro-vanado-molibdato, óxido de lantano, Ácido clorhídrico, metanol 99,5%, ácido nítrico concentrado, ácido perclórico concentrado, Óxido de lantano, ácido ascórbico.

3.5 Métodos

3.6 Protocolo de elaboración de un sustrato

Establecimiento de un protocolo de elaboración de un sustrato a base de los residuos de mazorcas de cacao como alternativa de germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

Para la elaboración de sustrato de cacao, las mazorcas fueron cosechadas *in situ*, posteriormente se extrajeron las semillas, el residuo (cáscara) fue colocado en costales de 45 kg, junto a etiquetas del día de recolección y la variedad de cacao.

Para el transporte y secado, el material fue picado (picadora de pastos), para procesar el residuo y reducir el tamaño de partícula, con el fin de que el secado sea más rápido, fue empaquetado y transportado. Posteriormente fue extendido en una superficie de cemento para su exposición al sol y el secado duro aproximadamente 72 horas.

Una vez secado el material fue lavado cinco veces, en una tina de plástico de 24 litros, en la cual se adaptó una llave con un tamiz de 75 μm , para evitar la pérdida de las partículas más pequeñas. Finalmente se realizó un segundo secado.

3.7 Caracterización del sustrato de cacao

Caracterización del sustrato de residuos de mazorcas de cacao mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas, para la germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

3.7.1 Tamaño de partícula del sustrato de cacao

Para determinar el tamaño de partícula del sustrato de cacao, se pesó 100 g del material procesado y se colocó en un tamizador eléctrico con diferentes tamices (>1,70 mm, 1,70 mm, 600 μm , 180 μm , 150 μm , 150 μm , 106 μm y 75 μm (Simeon, 1996).

3.7.2 Mojabilidad

El material se secó a 40° C durante 24 horas, se añadió 10 ml de agua destilada y se tomó el tiempo en minutos que se demora en absorberla (Abad & Noguera, 2005).

3.7.3 Densidad aparente

En una probeta de 150 ml se introdujo la cantidad de material hasta alcanzar una medida de 100 ml, se pesó en una balanza analítica y se aplicó la relación (P: V) (Abad & Noguera, 2005).

3.7.4 Densidad real

En una probeta de 150 ml se introdujo material, se compactó hasta una medida de 100 ml y se aplicó una relación (P: V) y se obtuvo la densidad real, es decir la densidad sin porosidad (Abad & Noguera, 2005).

3.7.5 Porosidad

Para esta variable se aplicó la siguiente fórmula de (Abad & Noguera, 2005), utilizando el cálculo de las densidades aparente y real:

$$Pt = 1 - \frac{Da}{dr}, \text{ donde}$$

- **Da:** densidad aparente
- **dr:** densidad real

3.7.6 Porcentaje de expansión

Se introdujo en una probeta un volumen conocido del material, se agregó 100 ml de agua destilada y se contabilizó la cantidad de ml que se expandió el material.

3.7.7 Ceniza y materia orgánica

Se pesó dos g del material en un crisol, se dejó calcinar durante cuatro horas a 600°C en una mufla y por gravimetría se obtuvo el porcentaje de materia orgánica.

3.7.8 pH y Conductividad eléctrica

Para medir el pH y CE, se colocó material en un vaso de precipitación con agua destilada, se dejó reposar durante 24 horas. Con una bomba al vacío se extrajo el sobrenadante y se midió con el pH metro y conductivímetro previamente calibrado.

3.7.9 Nitrógeno total

Para la determinación de nitrógeno total contenido en el sustrato, se realizó una digestión, destilación por el método de Kjeldah (Velp científica UDK destillation 129) establecido por AOAC Official methods of analysis method 978.04 (2016) y una titulación con HCl para la lectura de resultados establecido por INIA (2007). Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la cantidad de nitrógeno total:

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{0,014(V_f - V_0) \times M}{\text{Masa extracta de la muestra}} \times 100$$

Dónde:

V_f: volumen utilizado de HCl

V₀: volumen inicial

M: molaridad del HCl

3.7.10 Concentraciones totales de Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn, P:

Para la determinación, el sustrato previamente fue calcinado y filtrado (Cottenie & Karla, 2007). Las determinaciones se realizaron mediante absorción atómica (AA) (SHIMADZU AA 6800) con llama de aire-acetileno por aspiración directa (INIA, 2007). El fósforo se determinó de los filtrados mediante colorimetría con nitrovanado-molibdato en un espectrofotómetro-UV (Spectro Flex 6600) a una longitud de onda de 466nm (ISO 5725-2, 1994).

3.7.11 Inocuidad o del sustrato

Para evaluar la inocuidad se realizó análisis biológico, se llevó a cabo la técnica mediante cámara húmeda, posteriormente después de 15 días se revisó la existencia de micelio y se sembró en medio PDA, para su posterior purificación y caracterización.

3.8 Evaluación del sustrato de cacao

Evaluación de los sustratos de residuos de mazorcas de cacao, mediante una prueba de germinación, adaptación y desarrollo de las plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

3.8.1 Establecimiento del experimento

Se estableció el experimento en los invernaderos de ALEPROCA, se aplicó tres tratamientos que se muestran en la Tabla 4.

3.8.2 Diseño Experimental

3.8.3 Factores a probar

Los factores que se probaron en el experimento fueron sustrato y especie

3.8.4 Tratamientos a comparar

Los tratamientos establecidos fueron:

Tabla 4
Tratamientos establecidos en los invernaderos de ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

Tratamiento	Descripción
T1	50% turba BM2 + 50% sustrato de cacao x lechuga
T2	50% turba BM2 + 50% sustrato de cacao x tomate riñón
T3	50% turba BM2 + 50% sustrato de cacao x apio
T4	100% de sustrato de cacao x lechuga
T5	100% de sustrato de cacao x tomate riñón
T6	100% de sustrato de cacao x apio
T7	50% turba BM2 + 50% turba Pindstrup x lechuga
T8	50% turba BM2 + 50% turba Pindstrup x tomate riñón
T9	50% turba BM2 + 50% turba Pindstrup x apio

3.8.5 Tipo de diseño

Para la realización de esta investigación se implementó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial (3 x 3) con 3 repeticiones

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + ST_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Germinación de plantas

μ : Media general

S_i : Efecto del i-ésimo sustrato

T_j : Efecto del j-ésimo tipo de planta

ST_{ij} : efecto de la interacción sustrato x especie de planta

e_{ijk} : Error experimental

3.8.6 Repeticiones o bloques

El tipo de diseño experimental fue un DCA bifactorial (3x3) con 3 repeticiones.

3.8.7 Características de la UE

Número de unidades experimentales: 27

Área de las unidades experimentales: $0,16 \text{ m}^2$

Largo : 0,56 m

Ancho : 0,29 m

Forma de la UE : rectangular

Área total del ensayo : $5,5 \text{ m}^2$

Largo : 5 m

Ancho : 1,1 m

Forma del ensayo : rectangular

3.8.8 Croquis del diseño

T 1	T 7	T 9	T 3	T 9	T 4	T 7	T 2	T 5
T 5	T 2	T 8	T 6	T 1	T 8	T 3	T 7	T 3
T 9	T 6	T 1	T 5	T 4	T 8	T 6	T 2	T 4

Figura 5 Croquis del experimento ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

3.8.9 Métodos específicos del manejo del experimento

Para el llenado de las bandejas de germinación se procedió a la desinfección del sustrato, para esto se utilizó Previcur N (4 cc. l^{-1}) con cinco litros de esta mezcla se humectó y se llenó las bandejas de germinación de 220 alveolos de espuma flex.

Para la siembra se seleccionó semilla certificada de lechuga variedad Waltz, tomate riñón variedad Taconazo y apio variedad Criollo, se sembró una semilla por cada alveolo, las bandejas se dejaron en la sombra por tres días y se procedió a colocar en el semillero. Los riegos se realizaron a las 7: 00 am una vez al día por aspersion, cada bandeja recibió aproximadamente 2200 ml de agua, ya que esta fue la cantidad suficiente para mojar en la totalidad el sustrato. La fertilización manejada dentro del semillero se presenta a continuación:

Tabla 5
Programa de fertilización y fumigación manejada en el semillero ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).

Lunes, 24 de julio de 2017					
Producto	Unidad	Cantidad	Semana de siembra	de	Forma Aplicación
Boramin Ca	cc	187	27		Drench
Augurio	cc	10	27		Bomba
Martes, 25 de julio de 2017					
Tachigaren	cc	15	27		Bomba
Nitrato de calcio	gr	500	27		Drench
Miércoles, 26 de julio de 2017					
Fitoraz	gr	30	27		Drench
Granfol K	cc	1200	27		Drench
Fosfato monopotásico	gr	1000	27		Drench
Boramin Ca	cc	187	27		Drench
Radixtin	cc	1000	27		Drench
Kristalon amarillo	gr	500	27		Drench
Sulfato de magnesio	gr	300	27		Drench
Jueves, 27 de julio de 2017					
Aliet	cc	20	27		Bomba
Viernes, 28 de julio de 2017					
Nitrato de calcio	gr	200	27		Drench
Kfel	gr	50	27		Bomba
Saeta	gr	1000	27		Drench
Sábado, 29 de julio de 2017					
Fosfato monoamónico	gr	250	27		Drench
Radixtin	cc	500	27		Drench
Lunes, 30 de julio de 2017					
Sulfato de magnesio	gr	150	27		Drench
Fosfato monopotásico	gr	500	27		Drench
Previcur	cc	15	27		Bomba
Sábado, 05 de agosto de 2017					
Fosfato monoamónico	gr	250	27		Drench
Radixtim	cc	500	27		Drench

Las semillas fueron sembradas en la semana 27 según el ciclo agrícola

La temperatura y humedad relativa que se manejó en el semillero durante los meses de julio y agosto del 2017, el tiempo que duro el experimento se presenta a continuación, los datos por día se muestran en (ANEXO 3).

Tabla 6
Temperatura (°C) y Humedad relativa (%) manejadas en el semillero ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).

Valor	Mes			
	Julio		Agosto	
	Temperatura (°C)	HR (%)	Temperatura (°C)	HR (%)
Máxima	39,9	37	38,7	33
Mínima	8,3	20	7,4	20
X	21,06	23,73	22,46	23,34

Cuando la plántula está proceso de desarrollo, es decir aproximadamente a las tres semanas de germinación, se procedió a realizar un raleo, en cada uno de los alveolos.

3.8.10 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA)

3.8.11 Coeficiente de variación

Para calcular el coeficiente de variación se usó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\delta}{\mu} \times 100\%$$

Dónde:

CV: Coeficiente de variación

δ:Desviación estándar de la población.

μ: Media aritmética de la población.

3.8.12 Análisis funcional

Se utilizó la prueba de comparación de medias LSD Fisher. Estas pruebas se realizarán con el programa estadístico InfoStat.

3.8.13 Variables a medir

Porcentaje de germinación

Se procedió a contabilizar el número de semillas germinadas sobre el número total de semillas de acuerdo a Rodríguez *et al.* (2008).

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número total de semillas}} \times 100$$

Altura de planta

Se midió con un escalímetro (cm), se tomó la medida desde la base de la planta hasta la hoja más cercana al ápice.

Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas verdaderas desarrolladas hasta el trasplante.

Clorofila

Se midió el contenido de clorofila ($\mu\text{g.ml}^{-1}$) mediante un solvente extractante metanol al 99,5% (Sumanta *et al.*, 2014) la ecuación que se utilizaron para la cuantificación fueron:

- Ch-a=12.25A663.2-279A646.8
- Ch-b=21.5A646.8-5.1A663.2
- Cx+c=(1000A470-1.82Ca-85.02Cb)/198, dónde:

A= absorbancia

Ch-a= clorofila A

Ch-b= clorofila B

Cx+c= carotenoides

Porcentaje de clorofila

Se midió el contenido de clorofila de la segunda hoja más cercana al ápice de las plantas con el equipo HANSATECH MODEL CL-01.

Peso fresco

Para esta variable se cosecharon del semillero las plantas de lechuga, tomate riñón y apio, se lavaron con agua destilada y se pesaron en una balanza analítica.

Peso fresco de la raíz

Se obtuvo el pilón de las plántulas de lechuga, tomate riñón y apio, se lavaron con agua destilada y se pesaron en una balanza analítica.

Peso seco

Las plantas limpias de lechuga, tomate riñón y apio, se introdujeron en la estufa en sobres de papel durante 48 horas a 80°C y se pesaron cada una en una balanza analítica.

Peso seco de la raíz

Los pilones limpios de las plantas de lechuga, tomate riñón y apio, se introdujeron en la estufa en sobres de papel a 80°C durante 48 horas y se pesaron en una balanza analítica.

Prueba de germinación rápida en rábano

Una vez realizadas las pruebas de germinación, se estableció otro ensayo donde se realizó un lavado del sustrato con alcohol etílico acidificado, con el fin de extraer alcaloides, taninos, saponinas, etc, se establecieron tres tratamientos que se muestran a continuación:

Tabla 7
Tratamientos establecidos para la extracción de alcaloides en el sustrato de cacao

Tratamiento	Descripción
T1	500 g de s cacao + 1500 ml alcohol
T2	500 g de s cacao + 750 ml alcohol + 750 ml agua destilada
T3	500 g de sustrato cacao + 1500 ml agua destilada

Para todos los tratamientos se agregó de 2 a 3 gotas de ácido fosfórico concentrado con el fin de obtener un pH ácido (5,3-5,7). Se dejó reposar en tinas completamente cubiertas durante 24 horas, se lavó con agua potable para extraer los residuos de alcohol, y se secó el sustrato de cacao durante tres días.

Se preparó tres repeticiones por tratamiento en tarrinas de ½ litro, se comparó frente a un testigo (turba) y se sembró diez semillas por cada tarrina.



Figura 6 Agitación del alcohol etílico y ajuste de pH



Figura 7 Establecimiento de tratamientos para extracción de alcaloides

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Establecimiento de protocolo

Establecimiento de un protocolo de elaboración de un sustrato a base de los residuos de mazorcas de cacao como alternativa de germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio

A continuación se presenta un diagrama del protocolo utilizado en la realización del sustrato a partir de la cáscara de la mazorca de cacao (ANEXO 1)

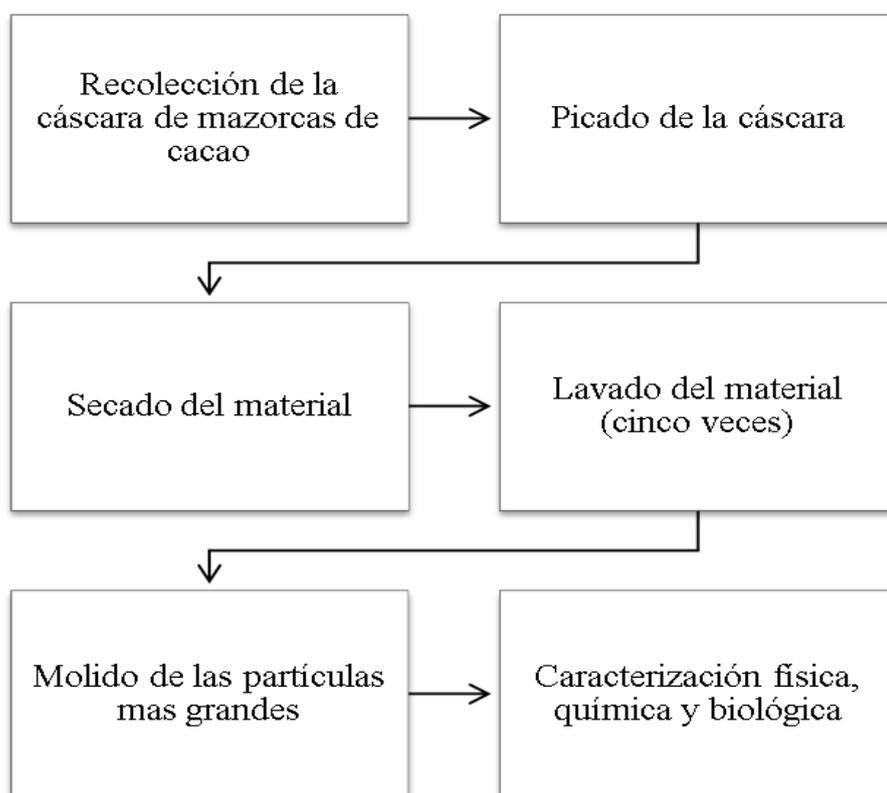


Figura 8 Diagrama del proceso del protocolo de elaboración de sustrato de cacao

4.2 Caracterización física, química, microbiológica y bioquímica

Caracterización el sustrato de residuos de mazorcas de cacao mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas, para la germinación de plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

4.2.1 Pruebas físicas

Las pruebas físicas de densidad aparente, densidad real, porosidad, mojabilidad, ceniza, materia orgánica y expansión fueron elaboradas en los laboratorios de IASA 1 y sus resultados se presentan en la Tabla 8. (Ver ANEXOS 3, 4, 6)

Las propiedades físicas del sustrato de cacao se muestran en la tabla 7. El extracto elaborado, a partir de la cáscara de la mazorca de cacao, presentó un porcentaje alto de ceniza y baja concentración de materia orgánica como otros sustratos elaborados a partir de residuos orgánicos como sustrato de bagazo de agave (Macías, *et al*, 2010). La pérdida de materia orgánica en el sustrato de cacao, no permite considerarlo como un material bioestable, dicha propiedad es la capacidad de un material orgánico de perder poco peso y conservar sus características físicas y químicas durante largos periodos de tiempo (Lemaire, 1997).

La densidad aparente fue $0,29 \text{ g.cm}^{-3}$ y la densidad real fue de $0,34 \text{ g.cm}^{-3}$ lo cual según Martínez & Roca (2011) se encuentra dentro del rango ideal en un sustrato ($<0,65 \text{ g.cm}^{-3}$). Las densidades obtenidas en el estudio son superiores a las obtenidas con otros sustratos, como fibra de coco ($0,007 \text{ g.cm}^{-3}$), cascarilla de arroz ($0,099 \text{ g.cm}^{-3}$) y bagazo de caña ($0,065 \text{ g.cm}^{-3}$) a las señas por Pire & Pereira (2003).

La porosidad total obtenida fue 149,5%, lo cual según Cabrera (1998) y Abad (1995), el rango ideal esta entre 70 a 85%, al contrario de lo señalado por Martinez & Roca (2011) afirman que la porosidad total en un sustrato ideal es $>85\%$.

La capacidad de campo fue 419,2% y el punto de marchitez fue 322%, un porcentaje mucho mayor a las obtenidas en otros estudios como fibra de palma africana 81,75% y 49,56%, fibra de coco 137,2% y 84,51%, turba canadiense

121,64% y 74,78%, sustrato Quality Plant 46,08% y 27,7% y turba alemana 53,43% y 31,92% respectivamente (Haro, 2009).

El tamaño de partícula en diferentes tamices se muestra en la Tabla 8, el peso mayor de partículas 53,929 g se encuentran en la medida <1,70 mm, seguido por 29,230g que se encuentran en la medida >1,70 mm y el menor peso de partículas se encontraron en la medida <75 μm . Martínez & Roca (2011) afirman que el tamaño dentro de un sustrato ideal debe estar entre 0,25 a 2,50 mm.

Tabla 8
Prueba física de granulometría en el sustrato de cacao en diferentes \emptyset de tamices

\emptyset de tamiz	Peso de muestra inicial 100,003 (g)
>1,70 mm	29,230 (g)
<1,70 mm	53,929 (g)
>600 μm	15,195 (g)
>180 μm	1,195 (g)
>106 μm	0,407 (g)
>75 μm	0,090 (g)
<75 μm	0,065 (g)
Total	99,11 (g)

4.2.2 Pruebas químicas

Las propiedades químicas se presentan en la tabla 10, el extracto concentrado y saturado presentó una conductividad eléctrica promedio de 0,64 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, lo cual se encuentra cerca del valor óptimo de 0,75-3,5 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ señalado por Martínez & Roca (2011), en el estudio realizado por Haro (2009) en sustratos orgánicos la CE es baja siendo en fibra de palma africana 0,0431 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, fibra de coco 0,0257 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, turba canadiense 0,0101 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, sustrato Quality Plant 0,0242 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ y turba alemana 0,0109 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$

Tabla 9

Pruebas de físicas densidad aparente, densidad real, mojabilidad, capacidad de campo, punto de marchitez, ceniza, materia orgánica, expansión, porosidad en el sustrato de cacao

Valor	Prueba física								
	*Densidad real ($g.cm^{-3}$)	*Densidad aparente ($g.cm^{-3}$)	*Mojabilidad (min)	**Capacidad de campo (%)	**Punto de marchitez (%)	*Ceniza (%)	*Materia orgánica (%)	*Expansión (%)	*Porosidad (%)
Máximo	0,3467	0,2971	0,0666	425,9	386,1	94,7	5,3	14	150,0
Mínimo	0,3366	0,2843	0,0833	384,6	320,4	94,6	5,4	12	144,5
X	0,3418	0,2907	0,0749	419,2	322,0	94,65	5,35	14	149,5

*Prueba realizada en el laboratorio de Química y Suelos IASA 1

** Prueba realizada en el laboratorio de INIAP Santa Catalina

Tabla 10
Pruebas químicas de pH y conductividad eléctrica en el sustrato de cacao lavado y sin lavar

Valor	Prueba química			
	pH		CE (mS. cm^{-1})	
	Lavado	Sin lavar	Lavado	Sin lavar
Máximo	7,66	6,15	0,67	11,56
Mínimo	7,56	5,87	0,59	9,41
X	7,62	5,98	0,64	10,65

El pH promedio medido en el extracto fue de 7,62 llegando a ser ligeramente alcalino, en la investigación de Fraile & Obando (1994) trabajaron con desechos de babano y encontraron pH alcalinos. Los materiales orgánicos como la cáscara de cacao y los desechos de banano son de carácter básico, sufren un proceso de degradación, el pH se eleva por la descomposición de proteínas (Soliba, 1998) , Martínez & Roca (2011) afirman que el valor óptimo de pH en los sustratos debe ser aproximado a 6.

Tabla 11
Prueba química de macro y micro nutrientes del sustrato elaborado a partir de la cáscara de mazorca de cacao, sin lavar, lavado y mezcla

NUTRIENTES		Sustrato			*Mezcla
		Sin lavar	Lavado	Perdida en el lavado %	
MACRONUTRIENTES	N (%)	1,30	0,99	-23,85	0,790
	N(g/kg)	12,97	9,89	-23,75	7,9
	P (%)	0,11	0,08	-27,27	0,15
	P (g/kg)	1,12	0,84	-25	1,153
	K (%)	1,34	1,15	-14,18	1,95
	K(g/kg)	13,39	11,54	-13,82	19,50
	Mg (%)	0,39	0,40	+2,56	1,422
	Mg(g/kg)	3,93	4,02	+2,29	14,22
	Ca (%)	0,02	0,08	+300	1,529
	Ca (g/kg)	0,17	0,84	+394	15,29
MICRONUTRIENTES	Fe(mg/kg)	292,3	273,97	-6,27	4686
	Cu(mg/kg)	16,68	11,29	-32,31	15,64
	Zn(mg/kg)	45,20	44,51	-1,53	5,184

*Prueba de macro y micro nutrientes en mezcla de BM2 y Pindstrup elaborada en el Laboratorio de Suelos, foliares y agua de AGROCALIDAD

En los macronutrientes como nitrógeno, potasio y fósforo existió una disminución del contenido dentro del sustrato, luego de los cinco lavados, la pérdida de nitrógeno fue 23,85%, en el fósforo de 27,27%, en el potasio de 14,18%, en los otros dos macronutrientes como son el magnesio y calcio existió un aumento del contenido, en el magnesio de 2,56% y en el calcio de 300%. En los micronutrientes hierro, cobre y zinc existió una disminución de su contenido de 6,27%, 32,31% y 1,53% respectivamente. La disminución de macro y micro nutrientes explica la disminución de la conductividad eléctrica en el sustrato lavado (Tabla 11).

El nitrógeno total en el sustrato de cacao fue 0,99% y en la mezcla fue 0,79%, el contenido bajo de N se relaciona con la alta relación C:N, lo que significa que tendrán una mineralización más lenta (Sims, 1987). En el estudio de Haro (2009), el contenido de nitrógeno total en sustratos orgánicos como fibra de palma africana 1,32%, fibra de coco 0,46%, turba canadiense 1,02%, sustrato Quality Plant 1,51% y turba alemana 0,91%.

El contenido de fósforo en el sustrato de cacao fue $0,84 \text{ g.Kg}^{-1}$ y en la mezcla fue de $1,15 \text{ g.Kg}^{-1}$, contenido superior a los criterios planteados por los autores Sungro (1997) afirma que el nivel óptimo de P es $0,06 \text{ g.Kg}^{-1}$ y Arosemena (1994) argumenta que el nivel óptimo es de $0,01 \text{ g.Kg}^{-1}$.

El contenido total de potasio en el sustrato de cacao fue $11,54 \text{ g.Kg}^{-1}$ y en la mezcla $19,50 \text{ g.Kg}^{-1}$, contenidos altos frente a los reportados por Haro (2009), quien ratifica que los sustratos orgánicos como fibra de palma africana fue $2,99 \text{ g.Kg}^{-1}$, fibra de coco fue $3,19 \text{ g.Kg}^{-1}$, turba canadiense fue $0,99 \text{ g.Kg}^{-1}$, sustrato Quality Plant fue $0,92 \text{ g.Kg}^{-1}$ y turba alemana fue $0,78 \text{ g.Kg}^{-1}$ al contrario de la investigación en sustrato de bagazo de agave tequilero de Macías et al (2010), donde el rango de K en los diferentes tratamientos oscila

entre $0,454 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $1,162 \text{ g.Kg}^{-1}$. Según Sungro (1997) evidencia como rango deseable de $0,040$ a $0,36 \text{ g.Kg}^{-1}$.

El contenido de calcio en el sustrato de cacao fue $0,84 \text{ g.Kg}^{-1}$ y en la mezcla fue $15,29 \text{ g.Kg}^{-1}$ similares a los establecidos según Haro (2009) donde evidencia que los sustratos orgánicos establecidos en su investigación fueron: fibra de palma africana $4,72 \text{ g.Kg}^{-1}$, fibra de coco $3,6 \text{ g.Kg}^{-1}$, turba canadiense $8,68 \text{ g.Kg}^{-1}$, sustrato Quality Plant $1,4 \text{ g.Kg}^{-1}$ y turba alemana $10,9 \text{ g.Kg}^{-1}$, los resultados obtenidos en la investigación son similares a los establecidos por Macías, et al (2010), donde el contenido de Ca oscila entre $0,211 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $1,083 \text{ g.Kg}^{-1}$ en sustrato de bagazo de agave.

El contenido de magnesio en el sustrato de cacao fue $4,02 \text{ g.Kg}^{-1}$ y en la mezcla $14,22 \text{ g.Kg}^{-1}$, Haro (2009) muestra que el contenido de K en sustratos orgánicos como fibra de palma africana fue $17,40 \text{ g.Kg}^{-1}$, fibra de coco fue $1,96 \text{ g.Kg}^{-1}$, turba canadiense fue $1,86 \text{ g.Kg}^{-1}$, sustrato Quality Plant fue $0,38 \text{ g.Kg}^{-1}$ y turba alemana $1,1 \text{ g.Kg}^{-1}$, resultados similares a los arrojados en la investigación.

El contenido de micronutrientes como Fe, Cu y Zn en el sustrato de cacao fueron $273,97 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $11,29 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $44,51 \text{ mg.Kg}^{-1}$ respectivamente y en la mezcla fueron $4686,18 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $15,64 \text{ mg.Kg}^{-1}$ y $25,18 \text{ mg.Kg}^{-1}$ respectivamente. En la investigación desarrollada por Haro (2009), sostiene que los sustratos como fibra de palma africana contiene $21,8 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Fe, $7,8 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Cu y $12,8 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Zn, fibra de coco contiene $7,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Fe, $4,8 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Cu y $8,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Zn, turba canadiense contiene $11,05 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Fe, 4 mg.Kg^{-1} de Cu y $8,4 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Zn, sustrato Quality Plant contiene $27,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Fe, $4,5 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Cu y $2,6 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Zn, turba alemana contiene $12,4 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Fe, $6,1 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Cu y $17,2 \text{ mg.Kg}^{-1}$ de Zn. Los contenidos en este sustrato son inferiores a nuestro sustrato.

El contenido de macro y micro nutrientes contenidos en sustratos elaborados a partir de residuos orgánicos, depende del origen del material y a los procesos de biotransformación (Lee, 1985).

4.2.3 Pruebas bioquímicas

4.2.3.1 Prueba de detección de alcaloides

Las pruebas bioquímicas de detección de alcaloides, saponinas y taninos se muestran en las Tabla 12 y Tabla 13

Tabla 12
Pruebas bioquímicas de alcaloides (Dragendorff, Mayer, Wagner) en el sustrato de cacao

Número de lavado	Pruebas bioquímicas		
	Dragendorff	Mayer	Wagner
Blanco (agua)	-	+	+
0	-	+	+
1	-	+	+
2	-	+	+
3	-	+	+
4	-	+	+
5	-	+	+

+ bajo contenido de alcaloides

++ mediano contenido de alcaloides

+++ alto contenido de alcaloides

- no existen alcaloides



Figura 9 Prueba bioquímica de Dragendorff para detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados



Figura 10 Prueba bioquímica de Mayer para la detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados



Figura 11 Prueba bioquímica de Wagner para la detección de alcaloides en el sustrato de cacao después de cinco lavados



Figura 12 Prueba de alcaloides (Dragendorff) realizada en chocho y agua

Los alcaloides son compuestos químicos incoloros con un sabor ligeramente amargo que se encuentran presentes en el árbol del cacao, semillas y derivados (Elika, 2013), se encontró presencia de alcaloides en el sustrato a base de la cáscara de la mazorca de cacao, siendo positivo para las pruebas de Mayer y Wagner mas no para Dragendorff (Tabla 12). Existen herbicidas naturales elaborados en base de alcaloides y otras sustancias alelopáticas que ayudan a la inhibición de malas hierbas (García, Perez, Soto, & Peña, 2005), también puede inhibir la germinación de plantas.

En el estudio realizado por Hipo (2017) afirma que existe un efecto herbicida en el mucilago que recubre las semillas de cacao, su composición química es: alcaloides, taninos, flavonoides, cumarinas y esteroides. Los alcaloides se encuentran ubicados en la parte exterior de los tejidos vegetales, pueden encontrarse en el fruto (Arango, 2008), lo cual explica porque inhibe la germinación de las semillas de lechuga, tomate riñón y apio.

4.2.3.2 Prueba bioquímica de detección de saponinas y taninos

La prueba bioquímica de la espuma para la detección de saponinas y prueba bioquímica para la detección de taninos gálicos y taninos catéquicos se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13
Pruebas bioquímicas de taninos gálicos, taninos catequéticos y saponinas en el sustrato de cacao contrastado con quinua y canela

Número de lavado	Pruebas bioquímicas					
	Saponinas		Taninos			
	Sustrato	Quinua	Taninos gálicos	Taninos catéquicos		
			Sustrato	Canela	Sustrato	Canela
Blanco (agua)	-		-		-	
0	-		-		+	
1	-		-		-	
2	-	++	-	+	-	+
3	-		-		-	
4	-		-		-	
5	-		-		-	

+ bajo contenido

++ mediano contenido

+++ alto contenido

- no existen



Figura 13 Prueba de detección de saponinas en el sustrato de cacao después de cinco lavados

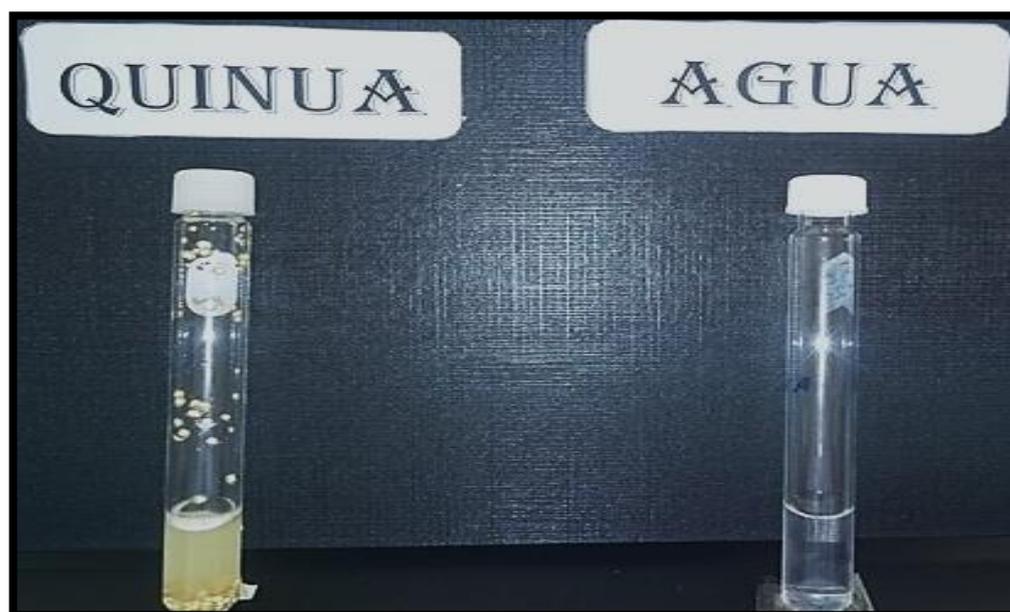


Figura 14 Prueba de espuma para detección de saponinas en quinua y agua



Figura 15 Prueba de detección de taninos catéquicos en el sustrato de cacao después de cinco lavados



Figura 16 Prueba de detección de taninos gálicos en el sustrato de cacao después de cinco lavados

La prueba de la espuma para la detección de saponinas dentro del sustrato de cacao y la prueba para detección de taninos gálicos y catéquicos arrojó resultados negativos, al contrario del contraste hecho con quinua y canela respectivamente, lo cual permite afirmar que ninguno de estos compuestos bioquímicos fueron causantes en la inhibición o retardación del crecimiento en las hortalizas.

La cáscara utilizada para la elaboración del sustrato contiene compuestos químicos que funcionan como compuestos alelopáticos como son: alcaloides, taninos, flavonoides, cumarinas y esteroides, ya que estos migran desde la semilla hasta los tejidos externos (Hipo, 2017).

4.2.3.3 Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas se muestran en la Tabla 14, se hizo el reconocimiento de hongos en el sustrato sin lavar a base de cáscara de mazorca de cacao.

Tabla 14
Pruebas microbiológicas de detección de hongos en el sustrato de cacao

Hongo				
<i>Phytophthora</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Pytium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>
-	-	-	+	+

+ baja presencia
 - no existe presencia



Figura 17 Vista al microscopio de *Rhizopus* en el sustrato de cacao

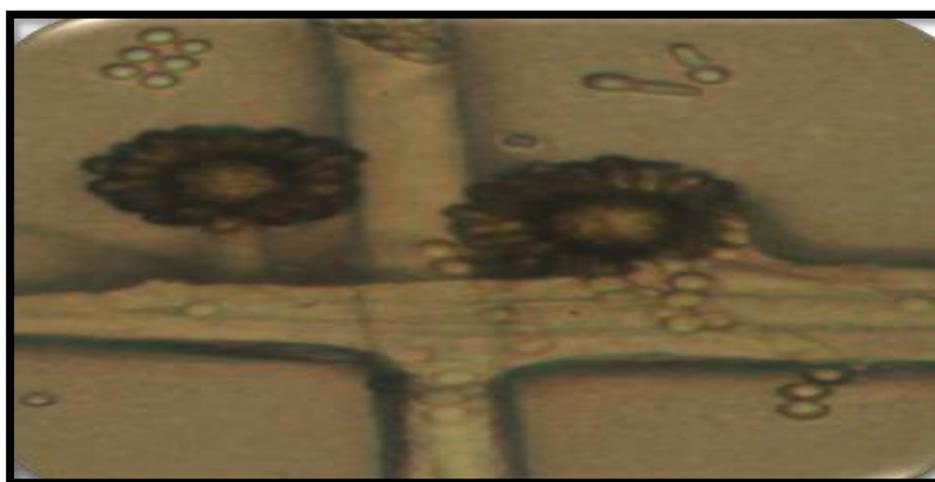


Figura 18 Vista al microscopio de *Aspergillus* en el sustrato de cacao

Los hongos encontrados en la investigación fueron *Rhizopus* y *Aspergillus*, la mayoría de las enfermedades causantes de muertes de plántulas bajo

invernadero, son atribuidas a hongos patógenos, en especial los causantes de damping off, los principales hongos son *Phytophthora*, *Pytium*, y *Fusarium*, son saprófitos pero pueden actuar como patógeno favorecidos por las condiciones ambientales (Sánchez, Andicoberry, & Trapero, 2004).

Aspergillus spp, pertenece a división Deuteromycota, clase Hyphomycetes, orden de los Hyphomycetales y familia Moniliacea (Ortega, 2002), es un hongo que crece en cualquier tipo de sustrato, especialmente en suelos y materiales en descomposición. Es un contaminante habitual de los conductos de climatización-ventilación., termotolerante, puede vivir entre los 12°C y los 57°C (DataBio, 2016). *Aspergillus* se caracteriza por tener micelio vegetativo compuesto de hifas septadas, ramificadas e incoloras (Arias & Piñeros, 2008).

Rhizopus spp. es un hongo filamentoso del suelo, frutas y verduras en descomposición, excremento de animales y pan viejo. Algunas especies son patógenas de plantas (DataBio, 2016). Después de los lavados realizados al sustrato no se encontró rastro de *Rhizopus spp.* y *Aspergillus spp.*

4.2.4 Evaluación del sustrato de cacao

Evaluación del sustrato de residuos de mazorcas de cacao, mediante una prueba de germinación, adaptación y desarrollo de las plantas de tomate riñón, lechuga y apio.

4.2.4.1 Porcentaje de Germinación

El porcentaje de germinación de semillas de lechuga sembradas en la mezcla de sustratos BM2 y Pindstrup fue del 93, 82% \pm 1,00 mayor al porcentaje de germinación de las semillas de tomate riñón y apio, seguido por el porcentaje de germinación de lechuga en la mezcla de turba BM2 y Sustrato de cacao (71,77% \pm 4,60), los porcentajes de germinación más bajos dentro del experimento fueron el porcentaje de germinación de semillas de lechuga (21,45% \pm 3,96) y semillas de apio (16,27% \pm 4,65), sembradas en el sustrato de cacao ($F_{3-19}=6,15$; $p<0,001$; Tabla 15).

La Turba BM2 permite una germinación uniforme y un desarrollo rápido de las raíces, ya que su composición es turba, perlita y vermiculita cuya granulometría está ajustada, ayuda en la buena germinación de las semillas (Berger,2017). En el estudio realizado por Haro (2009), argumenta que el porcentaje de germinación de hortalizas en el sustrato de fibra de palma africana alcanzo un 93,32%, fibra de coco 91,47%, turba canadiense 92,90% y turba alemana 94,13%.

Tabla 15
Promedio \pm error estándar del porcentaje de germinación de tres especies de hortalizas lechuga (*Lactuca sativa*), tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), apio (*Apium graveolens*.) en tres tipos de sustrato, ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

Especie	Tratamiento	Medias \pm E.E.	
Lechuga	3	93,82 \pm 1,00	a
Lechuga	1	71,77 \pm 4,60	b
Tomate	3	47,16 \pm 7,45	c
Apio	3	38,85 \pm 8,03	cd
Tomate	1	30,51 \pm 6,04	cd
Apio	1	29,03 \pm 6,72	cd
Tomate	2	23,40 \pm 5,51	cd
Lechuga	2	21,45 \pm 3,96	d
Apio	2	16,27 \pm 4,65	d

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

Tratamiento 1: Mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao

Tratamiento 2: 100% Sustrato de cacao

Tratamiento 3: mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Pindstrup

4.2.4.2 Peso fresco de tres especies de hortalizas bajo dos tratamientos

El peso fresco de las plantas de lechuga, tomate riñón y apio sembradas en una mezcla de dos sustratos BM2 y Pindstrup fue mayor a las plantas de lechuga, tomate riñón y apio sembradas en una mezcla de BM2 y sustrato de cacao ($F_{3-19} = 81,17$; $p < 0,0001$; Tabla 16).

No se obtuvieron resultados en el tratamiento 2 de las variables peso fresco, peso seco, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, altura, número de hojas y concentración de clorofila, las semillas de las tres especies: lechuga, tomate riñón y apio germinaron, las semillas de tomate riñón y apio sembradas en este

tratamiento 2 (100% sustrato de cacao) tuvieron una germinación más lenta, dos semanas después de lo esperado. El sustrato se secó en su totalidad el día 10/08/2017, ya que la temperatura máxima dentro del invernadero alcanzó los 37,7°C, produciendo un estrés en las plantas de las tres especies de hortalizas y la posterior muerte de las mismas. Se pudo comprobar que el sustrato no retiene la suficiente agua para el desarrollo de las plantas.

Tabla 16
Promedio \pm error estándar del peso fresco de tres especies de hortalizas sembradas en dos tipos de sustratos

Tratamiento	Medias \pm E.E.	
3	1,23 \pm 0,05	a
1	0,59 \pm 0,05	b

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

Tratamiento 1: Mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao

Tratamiento 3: mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Pindstrup

4.2.4.3 Peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz y peso seco de las plantas

El peso fresco de la raíz de las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao) fue 0,45 g \pm 0,03, no existieron diferencias significativas al peso fresco de la raíz de plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo 0,43 g \pm 0,03 ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17). En la investigación realizada por Vargas (2010) reporta que el peso fresco de las raíces de plántulas de lechuga a los 25 días de germinación alcanzó 2,77 g.

El peso fresco de la raíz de las plantas de tomate riñón, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue 0,04 g \pm 0,03 menor al peso fresco de las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo 0,17 g \pm 0,03 existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso fresco de la raíz de las plantas de apio, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue 0,02 g \pm 0,03 menor al peso fresco de las plantas de apio sembradas en el tratamiento 3

(mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,35 \text{ g} \pm 0,03$ existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

Según Vargas (2010) ratifica que mientras mas largas sean las raices de las plántulas, mayor sera la capacidad de las mismas en absorber los nutrientes del sustrato, esto favorece al crecimiento y desarrollo de las plántulas, desarrollo de número de hojas y diámetro del tallo.

El peso seco de la raíz de las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao) fue $0,04 \text{ g} \pm 0,003$, existiendo diferencias significativas con el peso seco de la raíz de plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,02 \text{ g} \pm 0,003$ ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso seco de la raíz de las plantas de tomate riñón, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue $0,02 \text{ g} \pm 0,003$ menor al peso seco de la raíz de las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,03 \text{ g} \pm 0,003$ no existió diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso seco de la raíz de las plantas de apio, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue $0,01 \text{ g} \pm 0,003$ menor al peso seco de la raíz de las plantas de apio sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,06 \text{ g} \pm 0,003$ existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso seco de las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao) fue $0,10 \text{ g} \pm 0,01$, no existió diferencias significativas con el peso seco de las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,10 \text{ g} \pm 0,01$ ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso seco de las plantas de tomate riñón, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue $0,08 \text{ g} \pm 0,01$

menor al peso seco de las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,13 \text{ g} \pm 0,01$, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 15,55$; $p < 0,0001$; Tabla 17).

El peso seco de las plantas de apio, sembradas en el tratamiento 1 (mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% sustrato de cacao) fue $0,03 \text{ g} \pm 0,01$ menor al peso seco de las plantas de apio sembradas en el tratamiento 3 (mezcla 50% BM2 + 50% Pindstrup) siendo $0,12 \text{ g} \pm 0,01$ existiendo diferencias significativas entre tratamientos.

Haro (2009) afirma que el peso seco en otros sustratos orgánicos como fibra de palma africana fue 0,02 g, fibra de coco fue 0,12 g, turba canadiense fue 0,27 g y turba alemana 0,41 g, pesos mayores a los arrojados en el estudio.

Tabla 17

Promedio \pm error estándar del peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz y peso seco de las plantas de tres especies de hortalizas lechuga (*Lactuca sativa*), tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), apio (*Apium graveolens*.) en tres tipos de sustrato, ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

Especie	Trat	Peso fresco raíz (g)	Peso seco raíz (g)	Peso seco (g)
Lechuga	1	$0,45 \pm 0,03$ a	$0,04 \pm 3,1E-0,3$ b	$0,10 \pm 0,01$ ab
Lechuga	3	$0,43 \pm 0,03$ ab	$0,02 \pm 3,1E-0,3$ c	$0,10 \pm 0,01$ ab
Tomate	1	$0,04 \pm 0,03$ d	$0,02 \pm 3,1E-0,3$ cd	$0,08 \pm 0,01$ b
Tomate	3	$0,17 \pm 0,03$ c	$0,03 \pm 3,1E-0,3$ c	$0,13 \pm 0,01$ a
Apio	1	$0,02 \pm 0,03$ d	$0,01 \pm 3,1E-0,3$ d	$0,03 \pm 0,01$ c
Apio	3	$0,35 \pm 0,03$ b	$0,06 \pm 3, E-0,3$ a	$0,12 \pm 0,01$ a

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

Tratamiento 1: Mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao

Tratamiento 3: mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Pindstrup

4.2.4.4 Altura alcanzada y número de hojas verdaderas

La altura alcanzada en las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue $9,79 \text{ cm} \pm 0,51$ mayor a las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo $3,49 \pm 0,51$, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 7,50$; $p < 0,05$; Tabla 18). Haro (2009) afirma que la altura en etapa temprana en plántulas de lechuga en los diferentes sustratos orgánicos fue: fibra de palma africana (0,97 cm), fibra de coco (1,09 cm), turba canadiense (0,97 cm) y turba

alemana (1,07 cm), Gómez & Vásquez (2011) ratifican que la altura alcanzada en plántulas de lechuga a los 7 días de germinación fue 4,3 cm, a los 14 días fue 5,3 cm, a los 21 días fue 6,3 cm y a los 28 días fue 7,3 cm.

La altura alcanzada en las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue 13,29 cm \pm 0,51 mayor a las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo 8,53 \pm 0,51, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 7,50$; $p < 0,05$; Tabla 18).

La altura alcanzada en las plantas de apio sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue 4,83 cm \pm 0,51 mayor a las plantas de apio sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo 2,43 \pm 0,51, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 7,50$; $p < 0,05$; Tabla 18).

El número de hojas verdaderas desarrolladas en las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue 5,03 \pm 0,10 menor a las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo 5,73 \pm 0,10, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 14,36$; $p < 0,05$; Tabla 18).

El número de hojas verdaderas desarrolladas en las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue 5,00 \pm 0,10 menor a las plantas de tomate riñón sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo 5,00 \pm 0,10, no existió diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 14,36$; $p < 0,05$; Tabla 18).

El número de hojas verdaderas desarrolladas en las plantas de apio sembradas en el tratamiento 3 (50% BM2 + 50% Pindstrup) fue 5,00 \pm 0,10 menor a las plantas de lechuga sembradas en el tratamiento 1 (50% BM2 + 50% sustrato de cacao) siendo 4,67 \pm 0,10, existiendo diferencias significativas entre tratamientos ($F_{3-19} = 14,36$; $p < 0,05$; Tabla 18).

Tabla 18

Promedio \pm error estándar de la altura alcanzada y número de hojas verdaderas en tres especies de hortalizas: lechuga (*Lactuca sativa*), tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), apio (*Apium graveolens*.) en dos sustratos, ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017)

Especie	Tratamiento	Altura (cm)	Numero de hojas
Lechuga	1	3,49 \pm 0,51 cd	5,73 \pm 0,10 a
Lechuga	3	9,79 \pm 0,51 b	5,00 \pm 0,10 b
Tomate	1	8,53 \pm 0,51 b	5,00 \pm 0,10 b
Tomate	3	13,29 \pm 0,51 a	5,00 \pm 0,10 b
Apio	1	2,43 \pm 0,51 d	4,67 \pm 0,10 c
Apio	3	4,83 \pm 0,51 c	5,00 \pm 0,10 b

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

Tratamiento 1: Mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Sustrato de cacao

Tratamiento 3: mezcla de sustratos 50% BM2 + 50% Pindstrup

4.2.4.5 Contenido de clorofila y carotenoides

Para las variables de clorofila medidas en las hojas de tomate riñón fue mayor al contenido de clorofila medida en las hojas de lechuga y apio, se presentó diferencias significativas para porcentaje de clorofila (F3-19= 146,18; $p < 0,05$; Tabla 19), el contenido de clorofila A (F3-19= 19,34; $p < 0,05$; Tabla 19), clorofila B (F23-19= 9,16; $p < 0,05$; Tabla 19), clorofila total (F3-19= 14,54; $p < 0,05$; Tabla 19) y el contenido de carotenoides en las hojas de las diferentes especies no son significativas (F3-19= 2,89; $p > 0,05$; Tabla 19). El contenido de clorofila en las plántulas es necesario para la fotosíntesis y la demanda de carbohidratos para el crecimiento y desarrollo de la planta completa (Bidwell, 2002).

Tabla 19

Promedio \pm error estándar de % de clorofila, Clorofila A, Clorofila B, Clorofila total y Carotenoides en las hojas de 3 especies de hortalizas: lechuga (*Lactuca sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum*), apio (*Apium graveolens*), ALEPROCA, Puenbo, Ecuador (2017).

Especie	% clorofila	Clorofila A ($\mu\text{g/ml}$)	Clorofila B ($\mu\text{g/ml}$)	Clorofila total ($\mu\text{g/ml}$)	Carotenoides ($\mu\text{g/ml}$)
Tomate	4,64 \pm 0,5a	26,47 \pm 1,27 ^a	20,47 \pm 1,7a	46,95 \pm 2,81a	4,20 \pm 0,31 ns
Lechuga	3,73 \pm 0,53b	15,60 \pm 1,27b	10,9 \pm 1,70b	26,54 \pm 2,81b	3,35 \pm 0,31 ns
Apio	3,20 \pm 0,53b	18,68 \pm 1,27b	12,60 \pm 1,7b	30,99 \pm 2,81b	4,33 \pm 0,31 ns

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

4.2.4.6 Prueba rápida de germinación de rábano

El mayor porcentaje de germinación de semillas de rábano fue (95%) sembradas en la turba, seguida por el porcentaje en el tratamiento 2 (sustrato de cacao lavado con 50% alcohol y 50 % agua destilada) siendo 65%, el porcentaje de germinación de semillas sembradas en el tratamiento 3 (100% agua destilada) fue de 33% y en el tratamiento 1 fue de 40%. Esto comprueba que se pueden extraer los alcaloides contenidos en el sustrato mediante un lavado con alcohol con pH ácido (5,3 a 5,7). El agua levemente acidificada (pH 5,3) también pudo extraer los alcaloides pero no en su totalidad, ya que fue el tratamiento que menor porcentaje de germinación de semillas obtuvo.

El sustrato de los tratamientos se secó completamente provocando estrés en las plantas y posteriormente la muerte de las misma, el sustrato no retiene la cantidad suficiente de agua necesaria para el desarrollo de las plantas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La viabilidad de la cascara de mazorca de cacao como alternativa de sustrato para la germinación de semillas de hortalizas, se ve limitado por el contenido de alcaloides y baja retención de humedad.
- Se estableció un protocolo de elaboración de un sustrato para la germinación de hortalizas, a base de la cáscara de mazorcas de cacao, desde la recolección hasta la caracterización física, química, biológica y bioquímica. (Ver ANEXO 2).
- Se realizó la caracterización física, química, biológica y bioquímica el sustrato de la cáscara de mazorcas de cacao, encontrando en ello problemas con el contenido de alcaloides, los cuales inhiben la germinación de las semillas de cualquier especie, cuando se lavó el sustrato con alcohol se pudo observar que las plantas germinaron uniformemente.
- El porcentaje de germinación de semillas de lechuga sembradas fueron T1: 71,77%, T2: 21,45%, T3: 93,82%, el porcentaje de germinación de semillas de tomate riñón fueron T1: 30,51%, T2: 23,40% T3: 47,16% y el porcentaje de germinación de las semillas de apio fueron T1: 29,03%, T2: 16,27% T3: 38,85%, concluyendo que las plantas de lechuga son más tolerantes a los alcaloides encontrados en la cáscara de mazorca de cacao.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un lavado del sustrato con alcohol de pH ácido y secar durante tres días para que el mismo se volatilice y mejorar la germinación y la calidad del sustrato

- Se recomienda disminuir el tamaño de las partículas del sustrato de cacao, se puede realizar un molido para obtener partículas más finas y así retener el agua por más tiempo.
- Se recomienda hacer mezclas entre turba y el sustrato de cacao, en menor porcentaje del sustrato de cacao a 50%, esto con el fin de conseguir una reducción de costos.

5.3 Bibliografía

- ISO 5725-2, I. (1994). *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2. Basic method for the determination and repeatability and reproducibility of a standar measurement method.* Gêneve, Switzerland.
- AAIC. (2003). *El cultivo de tomate riñon en invernadero.* Quito: Abya Yala.
- Abad, B. (1995). Sustratos para el cultivo sin suelo. In *Cultivo de tomate* (pp. 131-265). Madrid: Mundi Prensa.
- Abad, M. N. (1997). *Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustrato de cultivo.* Murcia: En prensa.
- Abad, M., & Noguera, P. (2005). Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In C. Cadahia, *Fertirrigación cultivos horticolas y ornamentales* (pp. 289-340). Madrid: Mundi-prensa.
- Abad, M., Martinez, P., & Martinez, J. (1993). *Evaluación agronómica de los sutrato de los cultivos.* Actas de horticultura.
- Agromàtica. (2017). *Agromàtica.* Retrieved Abril 24, 2017, from <http://www.agromatic.es/category/cultivo-ecologico/hortalizas-cultivo-ecologico/>
- Arango, G. (2008). *Alcaloides y compuestos nitrogenados.* Medellin.
- Arias, E., & Piñeros, P. (2008, Junio). Patogenicidad de Phytophthora spp. causantes de podredumbre. Bogota, Colombia.
- Arosemena, M. (1994). *Sustratos propiedades y caracterización.* Madrid: Mundi prensa.
- Baque, A. (2015). Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de fibra de coco en la elaboración de sustrato, en la provincia de Santa Elena. La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

Berger. (2017). *Con Berger cultive mas rapido, incremente su calidad, aumente sus ganancias.* Retrieved Octubre 26, 2017, from <http://www.resusa.co.cr/images/material/Turba/TURBA/FOLLETO%20GENERAL%20TURBAS%20BERGER.pdf>

Bidwell, R. (2002). *Fisiología vegetal*. AGT. Editor SA.

Brito, J. (2008). *El cultivo hidropónico de tomate riñon*. Cuenca.

Bunt, A., & Adams, P. (1996). *Some critical Comparisons of peat-sand and loarn brased compost with special reference to the interpretation of physical and chemical analyses.*

Cabrera, R. (1998). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie horticultura*, 5-11.

Calderón, F., & Cevallos, F. (2001, Mayo 18). *Los sustratos*. Retrieved Noviembre 20, 2017, from http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm

Cottenie, A., & Karla, Y. (2007). *Métodos de análisis de tejidos vegetales*. Santiago de Chile: Serie Actas INIA N° 40.

DataBio. (2016). *Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo*. Retrieved Octubre 26, 2017, from <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Hongos/Ficha%20Aspergillus%20spp.pdf>

Daza, E. (2013). Comportamiento agronómico de cuatro hortalizas de hoja con tres abonos orgánicos en la Finca la Vaca que rie, Recinto Santa Lucía, Parroquia el Rosario, Cantón El Empalme, Provincia del Guayas. . El Empalme, Guayas, Ecuador.

Debenedetti, S., & Wilson, E. (2012). *Farmacognosia triterpenos, esteroides y saponinas*. Belgrado.

- Delparte, C. (2010). Farmacognosia. *Trabajos practicos de Quimica Farmacológica y Toxicología*. Chile.
- Dey, J., & Harborne, J. (1989). Methods in Plant Biochemistry. *Plant Phenolics*.
- Elika. (2013). *Fundación Vasca para la seguridad agroalimentaria*. Retrieved Septiembre 22, 2017, from Teobromina: http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/Documento90/TEOBROMINA%202012%20maquetado.pdf
- Evans, W. (2000). *Trease and Evans, Pharmacognosy*. Edinburgh: Saunders.
- FAO. (2002). *Cultivo protegido para clima mediterráneo*. Roma.
- Fraile, J., & Obando, R. (1994). *Lombricultura: alternativa para el manejo racional de los desechos del babano*. Aqua 3.
- García, R., Perez, R., Soto, M., & Peña, C. (2005). Plantas con actividad alelopática: fuente de herbicidas naturales. *II encuentro de participación de la mujer en la ciencia*.
- Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Producción orgánica de hortalizas de clima templado*.
- Haro, G. (2009). *Evaluación de la fibra del fruto de palma africana, como sustrato para la producción de plántulas en tres variedades de lechuga*. Quito.
- Hipo, M. (2017). *APLICACIÓN DE MUCILAGO DE SEMILLAS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN EL CONTROL DE MALEZAS*. Ambato.
- Hydroenvironment. (2015). Guia para el cultivo de apio. 1-3.
- Infoagro. (2015). El cultivo de apio. *Infoagro*, 1-3.
- INIA. (2007). *Patent No. 0717-4810*. Chile.

- Jaramillo. (2007). *Producción de Tomate bajo Condiciones Protegidas*. Retrieved abril 25, 2017, from http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/manuales/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Lee, K. (1985). *Earthworms: Their Ecology and Relationship with soils and Land Use*. Orlando Florida.
- Lemaire, F. (1997). *The problem of bioestability in organic substrates*. Acta horticultura.
- López, T. (2001). Sapónosidos . *Fitoterapia*.
- Macías, R., Alcantar, E., Iñiguez, G., Zamora, F., García, P., Ruiz, M., & Salcedo, E. (2010). *Caracterización física y química de los sustratos a partir de bagazo de agave tequilero*. Interciencia.
- MAGAP, & INEC. (2011, Enero). *Ecuaquimica*. Retrieved Marzo 21, 2017, from <https://www.ecuaquimica.com.ec/cacao.pdf>
- Martinez, P., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Matheus, S. (2005). *Efecto de tres niveles de bocashi sobre el número de pisos y el número de frutos por racimo en el cultivo de tomate riñon*. Sangolqui.
- Mena, L., Tamargo, B., Salas, E., Plaza, L., Blanco, Y., Otero, A., & Sierra, G. (2015). Determination of saponins and others secondary metabolites. *Revista Cubana de plantas medicinales*, 106-116.
- Monardes, H. (2009). *Nodo Hortícola*. Chile: Innova Chile.
- Murillo, I. (2008). *Evaluación de 2 Dietas Experimentales con Diferentes Niveles de Cascarilla de Cacao (Theobroma cacao L.) en las Fases de Crecimiento y Acabado de Cuyes (Cavia porcellus L.) de Raza Andina*. Guayaquil.

- Nelson, D., & Cox, M. (2000). *Lehninger Principios de Bioquímica*. Barcelona: Omega.
- Ochse, J., Soule, M., Dijkman, M., & Wehlburg, C. (1965). *Tropical and subtropical agriculture*. New York: Limusa.
- Ortega, L. (2002). Determinación de hongos filamentosos asociados a craneos de colección del Instituto Alexander Von Humbolt. Bogota.
- Paris, M., & Hurabielle, M. (1981). *Abrégé de Matière Médicale - Pharmacognosie*. Paris: Ed. Masson.
- Pennisfeld, F., & Kursman, P. (1983). *Cultivos hidropónicos en turba*. Madrid: Mundi prensa.
- Pharmacop. (2010). *Monografía del te*. Novena edición.
- Pire, R., & Pereira, A. (2003). Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. In *Propuesta metodológica* (pp. 55-63). Lara: Bioagro.
- PROECUADOR. (2013). *Análisis de sector cacao y elaborados*. Guayaquil.
- Quillota, F. (2003). *Efecto de la aplicación foliar de óxido de calcio sobre la clorosis marginal en hojas jóvenes de tomate cv. Fortaleza bajo invernadero frío*.
- Sánchez, M., Andicoberry, S., & Trapero, A. (2004). Patogenicidad de *Phytophthora* spp. causantes de podredumbre.
- Simeon, J. (1996). Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz No. 200 en agregado mineral por lavado. San Salvador, El Salvador.
- Sims, J. (1987). Agronomic evaluation of poultry manure as a nitrogen source for conventional and non-tillage corn.

- Smyth, D. (1992). Effect of methylxanthine treatment on rice seedling growth. 1. *J Plant Growth Regul*, 125-128.
- Soliba, M. (1998). *Aplicación del compostaje a la obtención de productos alternativos a los sustratos tradicionales*.
- Sotomayor, D. (2011). *ESTIMACIÓN DE LOS RETORNOS DE LAS INVERSIONES REALIZADAS POR INIAP EN INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS EN CACAO, ECUADOR (2000-2010)*. Quito.
- Sungro. (1997). *Graphic interpretation guide*. New York: Sungro Analytical Laboratories.
- Vargas, J. (2010). *Efecto de Abonos Orgánicos en la Producción de Plántulas de Coliflor, Brócoli, Lechuga de invernadero Bajo sistema orgánico*.