



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE MATERIALES FLOTANTES PARA CULTIVOS
HIDROPÓNICOS DE LECHUGA (*Lactuca sativa*)



AUTOR

Bonye Michelle Carrera Pozo

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**EVALUACIÓN DE MATERIALES FLOTANTES PARA CULTIVOS
HIDROPÓNICOS DE LECHUGA (*Lactuca sativa*).**

**Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniera en Agroindustrial y de
Alimentos**

**Profesora Guía
MSc. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez**

**Autora
Bonye Michelle Carrera Pozo**

**Año
2017**

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

MSc. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

Magister en gestión de proyectos socio productivos

C.I: 1713985198

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

PhD. Mauricio Andres Racines Oliva

Doctor of Bioscience Engineering

C.I: 1710902162

DECLARACIÓN AUDITORÍA DEL ESTUDIANTE

Yo, Bonye Michelle Carrera Pozo declaro que este trabajo es original, de mi autoría. A lo largo de su ejecución se han citado las fuentes correspondientes y se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Bonye Michelle Carrera Pozo

C.I: 1720334927

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por darme salud y vida para poder culminar esta meta tan importante. Agradezco a mis padres, Romel Carrera Dominguez e Ivonne Pozo Noroña, a mi hermano Sebastián Carrera Pozo Y mi abuela Elvia Noroña Ruales, por toda la paciencia y apoyo incondicional que me brindan para cumplir mis sueños. Mis amigos, que fueron muy importantes en mi desarrollo y crecimiento a lo largo de la carrera Universitaria.

Y a mí profesora guía, por toda la ayuda y confianza que deposito en mi para el desarrollo de este proyecto de titulación.

DEDICATORIA

A mi madre Ivonne Pozo, que es mi mejor amiga, mi confidente, la persona que siempre me da una mano para jamás dejarme caer.

A mi padre Romel Carrera, que es mi ejemplo a seguir y por ser mi pilar.

A mi abuela Elvia Noroña y mi hermano Sebastián Carrera por brindarme siempre su apoyo incondicional.

Resumen

Esta investigación fue desarrollada en la ciudad de Quito, en la Universidad de las Américas, con la finalidad de proponer una alternativa de material flotante para ser usado en los cultivos hidropónicos, con el objetivo de reemplazar un material que actualmente es usado; poliestireno expandido (espuma flex). La propuesta se basa, en la elaboración de material flotante con un recubrimiento impermeabilizante, usando cera de abeja y cera carnauba, otro de los materiales importantes es la fibra de banano y palma que se obtiene a partir de residuos agroindustriales. Para la elaboración de los prototipos se puede hacer de manera casera o industrial, y no interviene ningún químico en su elaboración. Las variables fueron medidas en la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en la ciudad de Cuenca. Donde se llevó a cabo las pruebas físicas de dureza, compresión y flexión. Para realizar una comparación con las características físicas de la espuma flex de poliestireno expandido. El cual se obtuvo como resultado que el material flotante con mayor dureza fue a base de fibra de palma con recubrimiento de cera carnauba.

Por lo tanto usar el prototipo de material flotante trae beneficios como: fácil fabricación, los materiales son exequibles y al finalizar su ciclo de vida útil son amigables con el medio ambiente, debido a que su degradación no requiere de químicos debido a que los utilizados para su fabricación son de origen vegetal, convirtiendo la alternativa propuesta en beneficiosa para el agricultor y el suelo. A los prototipos se realiza pruebas físicas y microbiológicas, con el fin de obtener todos los datos necesarios, para conocer las características de los prototipos. Con datos estadísticos que obtuvo de los análisis, se conoce el prototipo apto para ser sustituto del poliestireno expandido.

Abstract

This research was developed in the city of Quito, at the University of the Americas, with the purpose of proposing an alternative of floating material to be used in hydroponic crops, with the aim of replacing a material that is currently used; Expanded polystyrene (flex foam). The proposal was based on the preparation of the material with a waterproofing coating, using beeswax and carnauba wax, another important material in the banana fiber and palm obtained from the agroindustrial waste. For the elaboration of the prototypes can do of homemade way or industrial, and does not intervene any chemical in its elaboration. The variables were measured at the Salesian Polytechnic University located in the city of Cuenca. Where the physical tests of hardness, compression and flexion were carried out. To make a comparison with the physical characteristics of the flex foam of expanded polystyrene. Which was obtained as a result in the material material with the base of palm fiber with the carnauba wax coating.

Therefore using the prototype of floating material brings benefits such as: easy manufacture, materials are feasible and finalize their life cycle are environmentally friendly, because their degradation does not require chemicals for which the its manufacture of plant origin, making the proposed alternative to the benefit of the farmer and the soil. The prototypes are physical and microbiological tests, in order to obtain all the necessary data, to know the characteristics of the prototypes. With the statistical data obtained by the analysis, the prototype is known to be suitable for the substitute of expanded polystyrene.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Cultivos hidropónicos	5
1.2 Tipos de hidroponía.....	6
1.2.1 Cultivo en agua profunda	6
1.2.2 Película de nutrientes	7
1.2.3 Aeroponía	8
1.2.4 Raíz flotante.....	9
1.3 Residuos agroindustriales.....	10
1.3.1 Historia del cultivo del banano	10
1.3.1.1 Fibra de banano	14
1.3.2 Historia del cultivo de palma aceitera.....	14
1.3.3 Usos de desperdicios agroindustriales	18
1.4 Material flotante	19
1.4.1 Flotabilidad positiva.....	19
1.4.2 Flotabilidad negativa.....	19
1.4.3 Flotabilidad neutra.....	19
1.5 Características de los materiales flotantes.....	20
1.6 Recubrimiento orgánico	21
1.6.1 Carnauba.....	22
1.6.2 Cera de abeja.....	22
1.7 Poliestireno expandido (espuma flex).....	23
1.7.1 Propiedades y características	24
1.7.1.1 Densidad.....	24

1.7.1.2 Color	24
1.7.1.3 Resistencia mecánica	25
1.7.1.4 Aislamiento térmico	25
2. CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Materiales para la elaboración de prototipo de material flotante	25
2.2 Metodología para la elaboración de prototipo de material flotante	26
2.3 Diagramas de procesos para la elaboración del prototipo de material flotante	28
2.3.1 Diagrama de flujo para la obtención de fibra de banano	28
2.3.2 Diagrama de flujo para la obtención de fibra de palma.....	29
2.3.3 Diagrama de flujo para la elaboración de prototipo de material flotante.	30
2.4 Diseño Experimental	31
2.5 Factores a evaluar.....	32
2.6 Niveles de los factores	33
2.7 Características de los prototipos de materiales flotantes.....	34
2.8 Análisis microbiológico del prototipo de material flotante	35
2.8.1 Toma de muestras superficiales del prototipo por hisopos y transporte de muestras	36
2.8.2 Siembra de muestras superficiales del prototipo de material flotante	37
2.9 Análisis físico del prototipo de material flotante	38
2.10 Análisis de poliestireno expandido como testigo del prototipo de material flotante	39
3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1 Análisis de varianza de resultados obtenidos de la prueba con penetrómetro.	39

3.2	Análisis de resultados obtenidos de la prueba de compresión.	41
3.2.1	Análisis de varianza de prueba de compresión: Carga (KN)	42
3.2.2	Análisis de varianza de prueba de compresión: Fuerza media [KN]	43
3.2.3	Análisis de varianza de prueba de compresión: Resistencia media	44
3.3.1	Análisis de varianza de pruebas de flexión: Carga [KN]	46
3.3.2	Análisis de varianza de pruebas de flexión: Resistencia [mm]	46
3.4	Análisis microbiológico del prototipo de material flotante.	48
3.4.1	Análisis microbiológico de mesófilos aerobios a los 15 días y 30 días	48
3.4.2	Análisis microbiológico de <i>E. coli</i> / coliformes a los 15 días y 30 días	50
3.4.3	Análisis microbiológico de mohos y levaduras a los 15 días y 30 días	52
4.	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE COSTO	55
4.1	Costo de prototipo de material flotante con fibra palma.	55
4.2	Costo de prototipo de material flotante de fibra de banano	57
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1	Beneficios	59
5.2	Conclusiones	60
5.3	Recomendaciones	61
	REFERENCIAS	63
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Hectáreas cultivadas en el Ecuador	13
Tabla 2. Composición de tallo frutal y pseudotallo del banano.....	14
Tabla 3. Superficie, Producción y Rendimientos Provinciales	16
Tabla 4. Composición química de fibra de palma aceitera.....	17
Tabla 5. Composición para la elaboración del prototipo de material flotante....	26
Tabla 6. Diseño Experimental usado en el presente estudio.....	32
Tabla 7. Factores a evaluar.....	32
Tabla 8. Niveles de factores para prototipo de material flotante.....	33
Tabla 9. Variables independientes.....	34
Tabla 10. Variables dependientes y unidades de medición.....	35
Tabla 11. Análisis de varianza de promedios de dureza del material flotante.....	39
Tabla 12. Análisis de significancia de dureza de los prototipos por Tukey.....	40
Tabla 13. Análisis de varianza de carga KN.....	42
Tabla 14. Análisis de carga por prueba Tukey	43
Tabla 15. Análisis de varianza de fuerza media KN	44
Tabla 16. Análisis de varianza de resistencia media KN/m ²	45
Tabla 17. Análisis de varianza de pruebas de flexión: Carga [KN]	46
Tabla 18. Análisis de varianza resistencia mm a la flexión.....	47
Tabla 19. Análisis de varianza de promedios de muestras, presencia de mesófilos aerobiosa los 15 días.....	48
Tabla 20. Análisis funcional de mesófilos por el método de Tukey.....	49
Tabla 21. Análisis de varianza de muestras microbiológicas de Mesófilos	50
Tabla 22. Análisis de varianza de <i>E. Coli</i> / coliformes. a los 15 días al inicio del experimento, al estar el prototipo en contacto con el agua y la planta	51
Tabla 23. Análisis de varianza, promedio de muestras E.coli / coliformes a los	52
Tabla 24. Análisis de varianza de mohos y levaduras a los 15 días.....	53
Tabla 25. Análisis de Varianza, de muestra mohos y levaduras a los 30 días..	53

Tabla 26. Tabla de costo, elaboración de 1 kg de prototipo de material flotante con fibra de palma con recubrimiento de cera de abeja	56
Tabla 27. Tabla de costo, elaboración de 1 kg de prototipo de material flotante con fibra de palma con recubrimiento de cera carnauba.....	57
Tabla 28. Costo de elaboración de prototipo de materiales flotantes con fibra..	58
Tabla 29. Costo de elaboración de prototipo de materiales flotantes con fibra de banano de 1 kg	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cultivo hidropónico en agua profunda	7
Figura 2. Sistema técnica de película de nutrientes	7
Figura 3.Sistema aeropónico	8
Figura 4. Sistema raíz flotante	9
Figura 5. Placas compact D microbiológicas	68
Figura 6.Material flotante, pruebas de campo	68
Figura 7. Maquina cortadora	69
Figura 8. Muestras cortadas para someter a las pruebas físicas.....	69
Figura 9. Equipo ensayo universal	70
Figura 10. Muestra sometida a compresión a su máxima expresión	70
Figura 11.Equipo de compresión.....	71
Figura 12. Penetrómetro	71
Figura 13. Material flotante.....	72
Figura 14. Equipo, conteo de colonias	72

INTRODUCCIÓN

Alcance

Por medio de este estudio se propone dar alternativas de uso a materiales lignocelulósicos de desecho agroindustriales que en este caso serán: fibra de banano y fibra de palma. Para esta investigación se debe realizar varias pruebas entre ellas son: Físicas, químicas y en campo, para realizar los estudios en campo y observar el comportamiento del prototipo en contacto del agua con una planta. Para esto se escogió la lechuga (*Lactuca sativa*) por ser un cultivo de ciclo corto. La lechuga es considerada una de las hortalizas de hoja más importante en el consumo cotidiano de las personas ecuatorianas (Solagro, 2006). La finalidad del prototipo, es que sirva como soporte para la planta en el sistema hidropónico, que se mantenga a flote, que no exista ningún tipo de contaminación.

Para esta propuesta se realizaron diferentes pruebas, para lo cual se utilizó un diseño de evaluación el cuál consistía en realizar 3 repeticiones con 3 módulos cada uno, con los diferentes tratamientos estudiados y así evaluar las condiciones físicas de los materiales que conforman la plancha, de esta manera pudimos observar si existía posible contaminación microbiológica. Para verificar que el sistema propuesto es válido se llevó a cabo un estudio paralelo para evaluar las reacciones que tiene la planta al estar en contacto con la plancha. La elaboración de esta plancha tuvo como finalidad disminuir la contaminación, para esto se evaluó la vida útil y los beneficios de utilizar planchas fabricadas a partir de desechos agroindustriales.

Problemática

En la actualidad el sistema hidropónico de raíz flotante, se usa con el fin de poder sembrar en cualquier lugar donde el suelo no sea apto. Para este sistema se usa como base y soporte de las plantas espuma flex, donde las plántulas se encuentran sujetas en la plancha y las raíces se están sumergidas en una solución nutritiva, donde se puede controlar todos los nutrientes que absorba las plantas y enfermedades que estas puedan contraer.

Por lo tanto el objetivo de la investigación es proponer una alternativa ecológica que permita reemplazar la plancha de espuma flex, que es utilizada en cultivos hidropónicos. Dicho material no es amigable al medio ambiente porque al momento de desecharlo en los vertederos, primero ocupa mucho espacio (15% de vertedero solo con material de espuma flex de poliestireno) y segundo el poli estireno expandido no se degrada y por lo tanto provoca enfermedades y daños a las poblaciones cercanas, debido a que al momento de su degradación este libera clorofluorocarbonos (Gualdrón, 2009). Con la propuesta de este prototipo se pretende disminuir la contaminación que se provoca al desechar los materiales actualmente usados.

Justificación

Esta propuesta busca dar una alternativa de uso a los desechos agroindustriales (fibra de palma y fibra de banano). Se eligió dichos materiales por las cantidades producidas de desperdicio agroindustrial, como en la fibra de banano la cantidad que se obtiene después de obtener el aceite que es el 58.7% de desecho de la producción (Bejarano, 2006).

La fibra de banano, es otra materia prima escogida por la cantidad de desecho agroindustrial que produce después de la extracción de aceite.

Estas fibras intervienen para la elaboración del prototipo de material flotante, con el fin de reemplazar la espuma flex de poliestireno para el uso de cultivos hidropónicos. Se escogió estas fibras, por las propiedades que presentan, las cuales fueron estudiadas anteriormente (Sarasty, 2017).

Al elaborar este prototipo evitamos costos adicionales como son: El reciclaje de las planchas de espuma flex, o tubos que se usan en la actualidad. Tomando en cuenta que el prototipo a base de fibras orgánicas después de su vida útil, se la utiliza como abono, por lo que se disminuiría la contaminación.

Las ventajas del uso de este sistema, es que se puede realizar en lugares donde el suelo no es apto para la producción agrícola. Con este sistema se cambia la ideología, de que los cultivos no solo pueden ser sembrados en presencia de suelo.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar materiales flotantes para cultivos hidropónicos de *Lactuca sativa*.

Objetivos específicos

Identificar el material flotante con las características más óptimas para el cultivo hidropónico.

Evaluar las características físicas del material antes, durante y al final del cultivo.

Evaluar la contaminación del material flotante durante el periodo de cultivo.

Analizar beneficio/costo del material flotante

Hipótesis

Hipótesis general

H0: Existe un impacto significativo del material flotante utilizado el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa*).

Hipótesis alternativa

H1: No Existe un impacto significativo del material flotante utilizado el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa*).

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Cultivos hidropónicos

El término hidroponía viene del griego Hydro que significa agua y Ponos que significa labor. Esta es una técnica que es utilizada para la producción de alimentos saludables. La hidroponía es una técnica permite realizar un cultivo sin suelo, mediante este sistema se enfoca principalmente en plantas herbáceas. Al igual que todos los cultivos se debe tener en cuenta temperatura, luz, agua y nutrientes. El rendimiento por medio de esta técnica se puede duplicar en comparación de cultivos en el suelo (Guzmán, 2004).

Por los avances tecnológicos en la actualidad, se ha podido automatizar los cultivos hidropónicos. Un cultivo hidropónico bajo condiciones óptimas, se convierte en un sistema altamente repetible. Según el Doctor Merle Jnese del Environmental Research Laboratory (ERL) de la universidad de Arizona, se realizó un prototipo del sistema flotante de lechuga en los años 1981-1982, este sistema llegaría a producir 4.5 millones por hectárea al año. (Minaya & Romero Ojeda, 2017)

La FAO conjuntamente con la Oficina de Programas de Naciones Unidas para el desarrollo en Santiago de Chile, toman la iniciativa para difundir esta tecnología y así generar más trabajo para la gente, es decir disminuir el desempleo (FAO, 2003).

1.2 Tipos de hidroponía

La hidroponía es una técnica que por la ausencia de suelo se puede controlar las condiciones óptimas para el ciclo de una planta, dentro de esto se debe tomar en cuenta el agua que está en contacto con las raíces de la planta, ya que es de gran importancia la calidad y la cantidad de agua que se aplica.

Según el tipo de planta varía la frecuencia de riego, por lo que se debe tomar en cuenta la naturaleza de la planta, la intensidad de la luz, la época del año y las condiciones ambientales (temperatura, viento). Por otro lado si la planta no tiene la cantidad de agua apropiada, esta comienza a desarrollar sus raíces de forma abundante ya que el crecimiento de la planta en la superficie será limitado, porque todo su potencial será usado en la búsqueda de agua. En otro caso, si la planta se encuentra inundada se ahogara al no tener el oxígeno suficiente. Por lo que es de vital importancia que exista un drenaje adecuado (Bosques, 2010). Dentro de la hidroponía existen 4 tipos.

1.2.1 Cultivo en agua profunda

También conocido como sistema burbujeador por la presencia de oxígeno que ingresa en el sistema. Este tipo de hidroponía se enfoca en plantas con mayor tamaño, como por ejemplo el tomate.

En la técnica de agua profunda se usa peceras, baldes o cualquier recipiente profundo con una capacidad de 10-50 litros, una tapa que cubre la pecera, esta debe tener un orificio para la circulación del oxígeno, también contiene una malla que sirve como soporte para la planta, con la finalidad que las raíces empiezan a salir por los orificios de dicha soporte. La oxigenación es muy importante por lo que se utiliza una bomba de aire (Hydroponic, 2016).

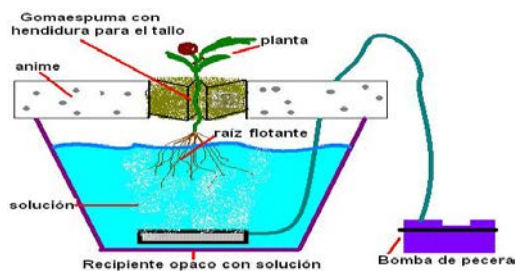


Figura 1. Cultivo hidropónico: agua profunda.

Tomado de (Hydroponic, 2016).

1.2.2 Película de nutrientes

Más conocido como método NFT (System Nutrient Film Thecnic), Esta técnica es una de las más usadas en la hidroponía, esta se lo conoce por tener una circulación continua de una fina lámina de solución nutritiva para las raíces del cultivo, ya que estas no se encuentran sumergidas en una solución, estas se encuentran sostenidas por un canal de cultivo (PVC), por lo que en su interior fluye la sustancia nutritiva, por ese motivo se considera un sistema de tipo cerrado (CASI/INCAP, 2006).

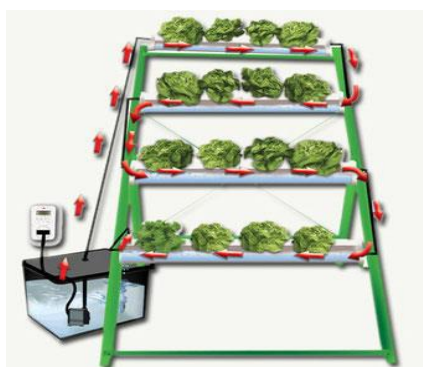


Figura 1. Cultivo hidropónico: película de nutrientes.

Tomado de (CASI/INCAP, 2006).

1.2.3 Aeroponía

La aeroponía es el sistema más avanzado en la agricultura moderna. El Doctor Franco Massantini fue el creador del primer sistema aeropónico también conocidos como columnas de cultivo (Radicalnutrients, 2016).

El enfoque de este sistema es hacer crecer las plantas en un medio cerrado o semi cerrado. En este sistema las raíces crecen colgadas en el aire, se encuentra dentro de un recipiente colgado, esto se da ya que en el interior del sistema se forma un microambiente con humedad relativa alta. En este método se rocía nutrientes a las raíces por medio de un spray o una niebla de solución nutritiva. Este es el método más productivo, por lo que las raíces se encuentran en oxigenación constante (Radicalnutrients, 2016).



*Figura 2.*Sistema aeropónico.

Tomado de (Radicalnutrients, 2016).

1.2.4 Raíz flotante

Es el método hidropónico más conocido y se lo usa principalmente para la planta de lechuga (Beltrano y Gimenez, 2015), este es utilizado para cultivos en agua, donde las plantas crecen flotando en una plancha de espuma flex de poliestireno como se observa en la figura 4.

Para el desarrollo de este método se necesita recipientes oscuros para evitar el desarrollo de algas en su interior, estos son cubiertos con una plancha de espuma flex de poli estireno, las cuáles servirán como soporte para la planta, de tal forma que las raíces queden siempre sumergidas en la solución nutritiva y las hojas en la superficie. Y un componente muy importante es una bomba de aire para que esta oxigene la solución durante todo el crecimiento de la planta (Brajovic, 2016).

Una buena manera de producir con este sistema es el airear dos veces al día, porque este proceso permite la redistribución de los elementos y ayuda a oxigenar la solución durante todo el ciclo de la planta (Maipu, 2013).



Figura 3. Sistema hidropónico: raíz flotante.

Tomado de (Maipu, 2013).

1.3 Residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son un impacto negativo para el medio ambiente, ya que se lo relaciona con contaminación atmosférica y acuática. Debido a que las industrias no dan un buen uso a sus desechos agroindustriales. Por lo que su descomposición contamina al medio ambiente.

Por ese motivo se ha creado conciencia y en la actualidad, se los está procesando, para el desarrollo de nuevos productos o nuevas alternativas para cuidar el medio ambiente.

En este caso se hablará de dos cultivos en específico que producen grandes cantidades de residuos agroindustriales que son: banano y palma.

1.3.1 Historia del cultivo del banano

El banano es cultivado en todas las regiones de clima tropical, el cultivo de banano es muy importante para la economía de países en desarrollo, por la alta demanda que presenta, ya que el banano llega a ser el cuarto cultivo alimenticio más consumido del mundo, después del arroz, trigo y el maíz (Proecuador; 2016).

El origen exacto del banano no es completamente claro. Han existido varias personas que distan de los puntos de origen del banano, sin embargo unas de las afirmaciones más cercanas es la del antropólogo, doctor Herbert Spiden quién escribió: “Es más probable que el banano alimenticio sea oriundo de las húmedas regiones tropicales del sur de Asia, incluyendo el noreste de la India, Burma, Cambodia y partes de la china del Sur, así como las islas mayores de Sumatra, Java, Borneo, las Filipinas y Formosa. En estos lugares las variedades

sin semillas del verdadero banano de consumo doméstico se encuentra en estado silvestre, aunque es probable que hayan simplemente escapado de los cultivos (James, 2009).

La exportación del banano en el Ecuador se inició en el año 1910, fecha en la cuál es estado empezó a intervenir en esta actividad debido a la importancia que este tomaba en la economía de ese entonces. En aquellos tiempos, la comercialización del banano tenía como punto débil la transportación, ya que las carreteras eran precarias, lo que se recolectaba se trasladaba de manera rústica hasta las estaciones de ferrocarril y por vía fluvial a los puertos de embarque de ese entonces.

A pesar de todos estos inconvenientes, Ecuador llegó a posicionarse en los mercados internacionales debido a la gran producción, que llegó a representar hasta una cuarta parte de lo que en esos tiempos se exportaba mundialmente. Este crecimiento acelerado se debió a los problemas de plagas y problemas climáticos que presentaban países que se encontraban en competencia directa con Ecuador. Debido a esto como ya se ha mencionado, el Estado apostó por esta actividad y comenzó a invertir y apoyar la producción privada.

Se construyeron grandes vías de comunicación que unían las zonas bananeras que inicialmente estaban aisladas, como el caso de carreteras Santo Domingo – Quevedo; Santo Domingo – Esmeraldas; Duran – Tambo; Boliche – Naranjal – Machala, y unas tantas carreteras más de segundo orden que poco a poco fueron formando la gran red vial que actualmente tiene el Ecuador a lo largo de la costa, donde se encuentran sembradas las plantaciones de banano.

Actualmente el banano alcanza niveles de producción impresionantes en nuestro país, sin embargo los estándares de calidad a nivel nacional se han incrementado obligándonos a mejorar y tecnificar cada vez más el proceso de producción de este alimento tanto para consumo local como para la exportación.

Para la exportación del banano solo sirve ciertas variedades por su alto rendimiento y por conservar sus cualidades organolépticas durante su transporte. Al banano se lo puede consumir de varias maneras, ya sea como fruta dulce, fruta deshidratada o batidos.

Por su alta demanda existen varios agricultores que se dedican específicamente a este cultivo. Como se puede observar en la tabla 1. Las provincias donde se cultiva en mayor cantidad en el Ecuador son: Guayas, El Oro y Los Ríos.

Tabla 1.
Hectáreas cultivadas en el Ecuador.

Rango HAS	Azuay	Bolivar	Cañar	Cotopaxi	El Oro	Esmeraldas	Guayas	Los Ríos	Manabí	Santa Elena	Santo Domingo	No delimitado	Total	HAS	Productores
0-10	15	0	38	61	1,425	7	1,157	223	0	0	0	50	2,976	11,950	2750
10-20	4		16	57	416	6	209	153	0	2	0	23	886	12,592	703
20-30	1	0	17	25	161	10	105	99	0	1	2	12	433	10,588	345
30-40	0	0	16	16	106	8	80	37	0	1	0	6	330	11,470	255
40-50	0	2	10	6	73	1	73	67	0	3	1	1	237	1,564	170
50-100	0	0	14	3	127	2	168	198	1	1	0	5	525	37,167	392
100-1500	0		8	2	44	1	50	61	0	2	0	1	169	20,188	158
150 -	0	0	2	3	23	1	61	89	1	1	0	0	181	48,520	184
Total	20	2	121	179	2,375	36	1,903	987	2	11	3	98	5,737	163,039	4,787

Tomado de (MAGAP, 2016).

1.3.1.1 Fibra de banano

La fibra de banano se obtiene de los pseudotallos. Según estudios realizados de la fibra de banano en su composición presenta celulosa, hemicelulosa, lignina (Carchi, 2014). En la tabla 2 se puede observar los porcentajes de la composición del tallo y pseudotallo del banano.

Tabla 2.

Composición de tallo frutal y pseudotallo del banano.

Residuo	Celulosa %	Hemicelulosa %	Lignina %	Extraíbles %	Cenizas %
Pseudotallo	37,85	26,67	19,45	1,69	8,65
Tallo Floral	26,86	34,04	18,69	2,78	17,78

Tomado de (Carchi, 2014).

1.3.2 Historia del cultivo de palma aceitera

En Ecuador las plantaciones de palma aceitera se inicia desde el año de 1953 en Santo Domingo de los colorados, pero las hectáreas cultivadas eran reducidas. En el año 1967 la palma entra en auge y para ese año había sembríos de 1000 hectáreas.

El cultivo de palma africana inició en el Ecuador en La Concordia, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, convirtiéndose en el primero punto de desarrollo palmero. Gracias al comportamiento del cultivo en esta localidad y al similar o mejor comportamiento climático de otras zonas, posteriormente se fueron expandiendo los cultivos a la provincia de Esmeraldas, en especial en la zona de Quinindé, La Unión, Las Golondrinas, convirtiendo a esta provincia en la de mayor desarrollo en área del cultivo de palma aceitera (Proecuador,2014).

La producción de aceite crudo de palma se ha duplicado en los últimos años y el Ecuador ha pasado de ser abastecedor de una parte del mercado interno a un importante exportador.

Dada la bondad del clima y la calidad del suelo de nuestro país, la palma aceitera genera un fruto con alto contenido de aceite y componentes para la obtención de un aceite de alta calidad. Es importante resaltar las cualidades del aceite de palma en comparación a los demás aceites vegetales como la soya, colza, girasol.

La palma es una planta oleaginosa que presenta unos frutos que al ser sometidos a un proceso industrial se obtiene una grasa muy barata ya que se obtiene gran cantidad de aceite por hectárea que se cosecha. Este se obtiene del mesocarpio de la fruta. El aceite de palma es el segundo más producido, ya que el primero es el aceite de Soja (Martín,2017).

El aceite de palma no tiene colesterol, al no requerir hidrogenación no tiene ácidos grasos trans, nocivos para la salud. Este aceite es un antioxidante natural por ser una rica fuente de provitamina A (betacarotenos) y rica fuente de tocotrienoles (forma de vitamina E), es una importante fuente de energía (Proecuador, 2014).

Así mismo, tiene mejores rendimiento por hectárea de aceite que la soya y colza. Si se quiere satisfacer la demanda mundial de aceites y grasas, que según el Banco Mundial estima que para la próxima década se necesitará producir 40 millones de aceites vegetales, se tendría que cultivar 18 millones de hectáreas de palma aceitera, mientras que si se empleara la soya se necesitarían 150 millones de hectáreas adicionales (Proecuador,2014). En la actualidad existe más 280 mil hectáreas sembradas (Agronegocios,2016).

Tabla 3.

Superficie, Producción y Rendimientos Provinciales.

Provincia	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (tn)	Rendimiento (tn/ha)
Total Nacional	240,333	198,578	2.649,051	13,34
Esmeraldas	121,163	102,813	1.119,496	10,89
Lor Ríos	38,000	27,854	376,674	13,52
Sucumbios	25,547	20,587	508,742	24,71
Pichincha	20,448	19,187	225,286	11,74
Otras	35,275	28,137	418,852	14,89

Tomado de (SPAC, 2012).

1.3.2.1 Fibra de palma aceitera

La fibra de la palma se obtiene del endocarpo del fruto. Que se obtiene después de extraer el aceite del mesocarpo y el Alpiste del endocarpo.

Tabla 4.

Composición química de fibra de palma aceitera.

Componente	Porcentaje en las fibras %
Celulosa	69,83
Lignina	16,46
Grasas, ceras y Resinas	6,49
Cenizas	4,24
Pentosanos	4,23

Tomado de (Escuela Politécnica Nacional, 2012).

1.3.3 Usos de desperdicios agroindustriales

La Palma africana al producir mucho desperdicio agroindustrial, se ha buscado varias maneras de poder aprovechar este residuo. Por un lado se puede convertir en carbón activado, el cual se puede fabricar filtros para purificar el agua y el aire.

Se ha examinado la viabilidad de utilizar las cenizas como material de sustitución de cemento, hallándose como resultado experimental que la mezcla de cemento que contienen las cenizas derivadas muestra satisfactorios tiempos de fraguado y resistencia, con adiciones no mayores a 10% mezcladas con cemento Pórtland (Joo-Hwa Tay, Kuan-Yeow. Show, 1995).

También se elabora papel a base de los residuos de la palma, con los residuos de banano se los ha ido utilizando de diferentes maneras entre ellas podemos encontrar: Producción de metabolitos secundarios por fermentación en estado sólido con el hongo *Lentinus crinitus* (Granda, Mejía, Jiménez; 2005)

Con la cascarilla de arroz y de acuerdo al artículo de Joo-Hwa Tay, Kuan-Yeow. Show, 1995, se ha iniciado en la facultad de ingeniería civil de la Universidad Cooperativa de Colombia la investigación de nuevos materiales que provechen los residuos agroindustriales. La obtención de sílice a partir de desechos agrícolas, permite la obtención de concreto de alto comportamiento, en este sentido vale la pena decir que actualmente las exigencias del concreto se dirigen a dos premisas específicas: la resistencia y la durabilidad, estos conceptos enmarcan el tiempo de vida útil del concreto (Ortiz, 2008).

1.4 Material flotante

Para definir un material flotante, se determina si el objeto flota o se hunde. Para esto se habla de flotabilidad donde en esta se mide dos fuerzas. Una fuerza que mide la presión baja del objeto sobre un fluido y la otra es la presión que ejerce arriba del fluido en el objeto. El Principio de Arquímedes se basa en una corona de rey que comparó con otras sustancias. Cuando deja caer la corona en agua y se denota que los cuerpos caen más rápido que otros (García, 2010). Existen 3 tipos de flotabilidad:

1.4.1 Flotabilidad positiva

Esta flotabilidad se produce cuando un objeto es más liviano que el fluido que lo mueve. Por el motivo que la fuerza de empuje es superior al peso del objeto. Se debe tomar en cuenta la densidad del agua donde el agua salada es menos densa que la dulce (Guerrón, 2011).

1.4.2 Flotabilidad negativa

Este tipo de flotabilidad se produce cuando el cuerpo es más denso que el fluido que lo desplaza. Esta flotabilidad aplica en los submarinos (Guerrón, 2011).

1.4.3 Flotabilidad neutra

Es cuando el cuerpo pesa igual al fluido que los desplaza. Un ejemplo son los buceadores (Guerrón, 2011).

1.5 Características de los materiales flotantes

Para la medición de las características de los materiales flotantes, se evalúa lo siguiente:

Dureza: La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes, entre otras (Zünkler, 2003).

Con la penetración podemos medir la consistencia del materialflotante. Se lo puede medir en mm.

Con la penetración se evalúa si es un material líquido, semisólido o sólido. Además se puede medir la viscosidad. A menor penetración mayor viscosidad tiene el material (Escobar, 2010,p-231).

Compresión: Es el resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección “coeficiente de Poisson” (Zünkler, 2003).

Flexión: El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

Sin embargo y por comodidad para realizar el ensayo de los distintos materiales bajo la acción de este esfuerzo se emplea generalmente a las mismas comportándose como vigas simplemente apoyadas, con la carga concentrada en un punto medio (Garzón, 2002).

En otras palabras, es la vida útil de un producto, la funcionalidad correcta, sin realizar correcciones. El producto debe mantener sus características y seguir siendo funcional, por un largo periodo (Pinanson, 2014).

1.6 Recubrimiento orgánico

Son polímeros que se producen ya sea de forma natural o sintética, este recubrimiento se lo aplica generalmente en estado líquido, que al momento de secarse este forma una película delgada, sobre el material aplicado (Rodríguez, 2017).

Un ejemplo de estos recubrimientos son las pinturas. Sánchez, (2008) Los recubrimientos orgánicos incluyen, pero no se limitan a, pinturas, barnices, lacas y recubrimientos para mantenimiento industrial, y pueden ser aplicados tanto a unidades o equipos móviles como a superficies estacionarias.

Algunas de sus funciones y usos son la incorporación del color, imagen, textura, entre otros. A substratos de calidad inferior; incorporación de mejores propiedades mecánicas superficiales, tales como abrasión, fricción, impacto, flexibilidad, etc. Protectora: confiere a las superficies pintadas resistencias a agentes físicos – químicos como corrosión, ataques químicos, inmersión en agua, a los rayos ultravioleta, a altas temperaturas, etc. Confiere propiedades de resistencia al ataque de agentes biológicos, como el fouling, moho, bacterias, etc. (Rodríguez, 2015). Los recubrimientos usuales son:

1.6.1 Carnauba

Fuente de cera vegetal, es una palma que mide de 9-15 m de altura. Crece en suelos aluviales. La cera que esta segrega se da mayormente en las hojas jóvenes, en el lado inferior, de la epidermis, formando una capa de 0.02 mm. (León, 2010; p-388). Para la obtención de cera carnauba, se la realiza durante la estación seca, donde se corta de 6-8 hojas de la palma cada 2 meses (Heess, 2013).

La cera de carnauba posee varias características pues combina dureza con resistencia al desgaste.

- Dependiendo de la edad y del estado de la hoja de donde es extraída es como se obtiene uno de los cuatro tipos de cera de carnauba.
- Es compatible y combinable con muchos otros tipos de cera.
- El color y calidad de la cera también dependen de la edad de las hojas y de los cuidados que se hayan tenido durante su procesamiento (Quiminet, 2017).

1.6.2 Cera de abeja

Es producida por abejas melíferas jóvenes, la cera de abeja usan para construir sus nidos. Segregan través de las glándulas cereras en forma líquida. Con esto elaboran los alveolos hexagonales de sus paneles. Donde la reina de las abejas coloca sus huevos (FAO, 2005).

La cera de abeja es obtenida de panales viejos, para su extracción los paneles son fundidos. Dependiendo del panal es la cantidad de cera extraída. Por

ejemplo: Panal Langstroth de 120-180 gramos de cera virgen, panal Dadant y Layens de 180 a 230 g .Llos opérculos obtiene entre un kilo a kilo y medio. Por 100 kilos de miel extraída (Apicola, 2015).

La cera de abeja tiene muchos usos tradicionales. En algunos países de Asia y África, es utilizada para crear tejidos de batik y en la fabricación de pequeños adornos de metal por medio del método de la cera fundida. Es ampliamente usada como agente impermeabilizante para la madera y el cuero y para el refuerzo de hilos. Es usada en la industria de los poblados, tales como fábricas de velas y como ingrediente para ungüentos, medicinas, jabones y betunes. Tiene una excelente demanda en el mercado mundial. Existen más de 300 industrias que usan la cera de abeja para la producción de sus productos, entre ellas se encuentran: industrias de cosméticos y farmacéuticas son los principales consumidores, representando el 70% del mercado mundial y utilizan cera de primera clase que no puede ser sobre calentada. Su precio oscila entre 4 y 8 dólares EE.UU. por kilogramo (FAO, 2005).

Otros consumidores importantes son las industrias de apicultura de los países desarrollados que la necesitan para la elaboración de cosméticos y velas.

Se usa también en la manufactura de componentes electrónicos y discos compactos, en el modelado y en el mercado de la industria y del arte, en betunes para calzado, muebles y ceras de injerto para pisos y en las fábricas de lubricantes (FAO, 2005).

1.7 Poliestireno expandido (espuma flex)

La espuma flex de poliestireno expandido es un plástico rígido que es elaborado a partir de perlas pre expandidas de poliestireno, también es

conocido como corcho blanco. La espuma flex se lo utilizó como testigo de nuestro estudio, porque realiza la misma función de los prototipos propuestos. La función de estos materiales en los cultivos hidropónicos, es brindar soporte a las plantas. Para la elaboración de la espuma flex de poliestireno, son a base de recursos naturales no renovables, este es un derivado del petróleo. El mayor problema del uso de este material es la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) al medio ambiente. Para su producción se requiere de una maquinaria específica. La cual su fabricación se lo hace a nivel industrial (E.P.A;2009).

1.7.1 Propiedades y características

El poliestireno expandido es un plástico espumado que proviene del poliestireno el cuál presenta ciertas propiedades y características físicas, como son:

1.7.1.1 Densidad

Los productos y artículos terminados en poliestireno expandido se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10kg/m³ hasta los 35kg/m³ (Textoscientificos, 2005).

1.7.1.2 Color

El color natural de poliestireno expandido es blanco debido a la luz (Solís, 2005).

1.7.1.3 Resistencia mecánica

La densidad del material guarda una estrecha relación con las propiedades de resistencia mecánica (Solís, 2005).

1.7.1.4 Aislamiento térmico

Los productos y materiales de espuma flex presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico. De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad: por ejemplo cuando se utiliza como material aislante de los diferentes cerramientos de los edificios o en el campo del envase y embalaje de alimentos frescos y perecederos como por ejemplo las cajas de pescado (Textoscientificos, 2005).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales para la elaboración de prototipo de material flotante.

Para la elaboración de prototipo de material flotante se utilizó los siguientes materiales:

- Fibra de palma
- Fibra de banano
- Aglutinante (arrocillo)
- Sulfato de cobre
- Moldes
- Peceras

- Picadora de pasto
- Ollas
- Libro de campo
- Cera de abeja
- Cera carnauba
- Balanza
- Muestras para análisis microbiológico

2.2 Metodología para la elaboración de prototipo de material flotante.

Para la elaboración del prototipo de material flotante se usa ciertos componentes, los cuales se usa en porcentajes específicos, para que posean las características deseadas, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5.

Composición para la elaboración del prototipo de material flotante.

Prototipo		
	Cera carnauba	Cera de abeja
Banano	70% fibra	70% fibra
	30% aglutinante	30% aglutinante
	3 g Sulfato de cobre	3 g Sulfato de cobre
Palma aceitera	70% fibra	70% fibra
	30% aglutinante	30% aglutinante
	3 g Sulfato de cobre	3 g Sulfato de cobre

En este proceso intervienen varios componentes como son: fibra de banano, fibra de palma aceitera, sulfato de cobre, aglutinante (arrocillo). Estos materiales son sometidos a un proceso de triturado, prensado y secado, tomando en cuenta las cantidades antes ya mencionadas en la tabla.

Obteniendo así el prototipo de material flotante. Estos porcentajes se tomaron de una investigación en la cuál se realizó cajas con residuos agroindustriales, siendo estas las óptimas para un resultado final (Sarasty, 2016).

Luego se llevó el prototipo para realizar pruebas en campo. Para lo cual se construyó un sistema de flujo continuo, el cual está compuesto por peceras adaptadas con las dimensiones 17 cm x 17,5 cm x 22 cm, las peceras adaptadas son pintadas de color negro para evitar el ingreso de luz, para evitar el desarrollo de algas en su interior, las peceras van conectadas entre sí por un manguera con un diámetro de 1.5 cm. Se utilizó también dos baldes de 10 litros, una al comienzo y otro al final del sistema. En un balde se colocó un motor de 6V para el sistema de flujo continuo. Como se ve en la figura 5.



Figura 5. Sistema de siembra

En cada pecera se coloca solución nutritiva, el material flotante, con una plántula de lechuga (*Lactucasativa*).

2.3 Diagramas de procesos para la elaboración del prototipo de material flotante

Para la elaboración del prototipo de material flotante se siguió los siguientes diagramas de procesos.

2.3.1 Diagrama de flujo para la obtención de fibra de banano

Para la obtención de fibra de banano, primero se cosechó el pseudotallo, luego para disminuir tiempos de secado se picó al material, después de tener ya los pedazos secos del pseudotallo de banano, se los trituró en una picadora de pasto, se lo realizó en esta máquina por que el objetivo es tener fibras de banano pequeñas y fáciles de manipular. Como se puede ver en la figura 6.

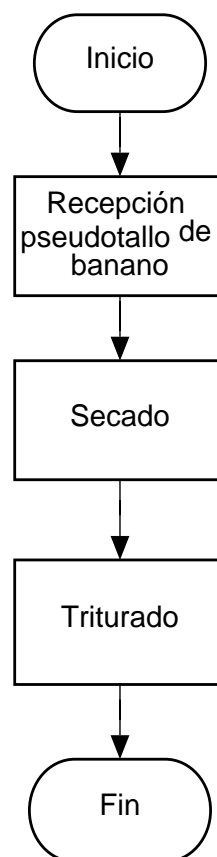


Figura 6. Diagrama de flujos para la obtención de fibra de banano.

2.3.2 Diagrama de flujo para la obtención de fibra de palma.

Al realizar el proceso de extracción de aceite de palma aceitera se obtiene un desecho que contiene: fibra, nueces rotas y cascaras.

Por lo tanto para la obtención de fibra de palma, se recolectó los residuos de palma, luego para el proceso de tamizado para poder separar la fibra de las nueces y cascaras. Se utilizó un tamiz número 300 con una apertura de 0.3 mm.

Al obtener solo fibra de palma, sigue el proceso de secado, donde se usó una estufa a 70°C por un lapso de 4horas. Como se lo explica en la figura 7.

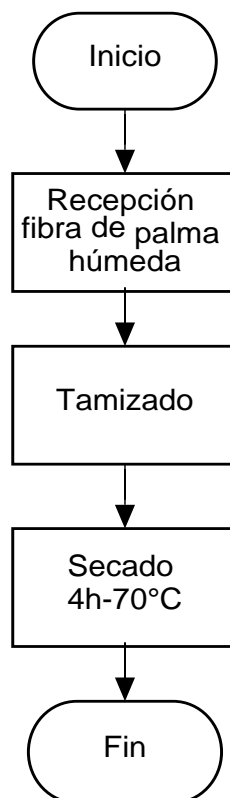


Figura 7. Diagrama de flujo para la obtención de fibra de palma.

2.3.3 Diagrama de flujo para la elaboración de prototipo de material flotante

Para la elaboración del prototipo de material flotante se sigue los siguientes pasos: Se recolecta la materia prima (fibra de banano/ fibra de palma), la cual se la tritura para obtener fibras muy delgadas, para su fácil manipulación. Como paso siguiente se lleva a cocción el arrozillo por 45 minutos a llama lenta, para evitar que este se queme.

Para la mezcla se utiliza un recipiente hondo, en el cual se coloca primero el arrozillo, este debe estar caliente para obtener una mezcla homogénea con el sulfato de cobre y la fibra de banano o de palma según corresponda.

Con todos los materiales ya en el recipiente, se mezcla hasta obtener una masa homogénea. La cuál esta será colocada en los moldes.

Se procede a sacar el material flotante de los moldes y se los coloca en la estufa por un día a 90°C.

Con los prototipos de material flotante secos, se recubre con una capa de cera (cera de abeja o cera carnauba). Con el fin de impermeabilizar cuando se encuentre en contacto con el agua y la planta. Como se puede observar paso a paso en la figura 8.

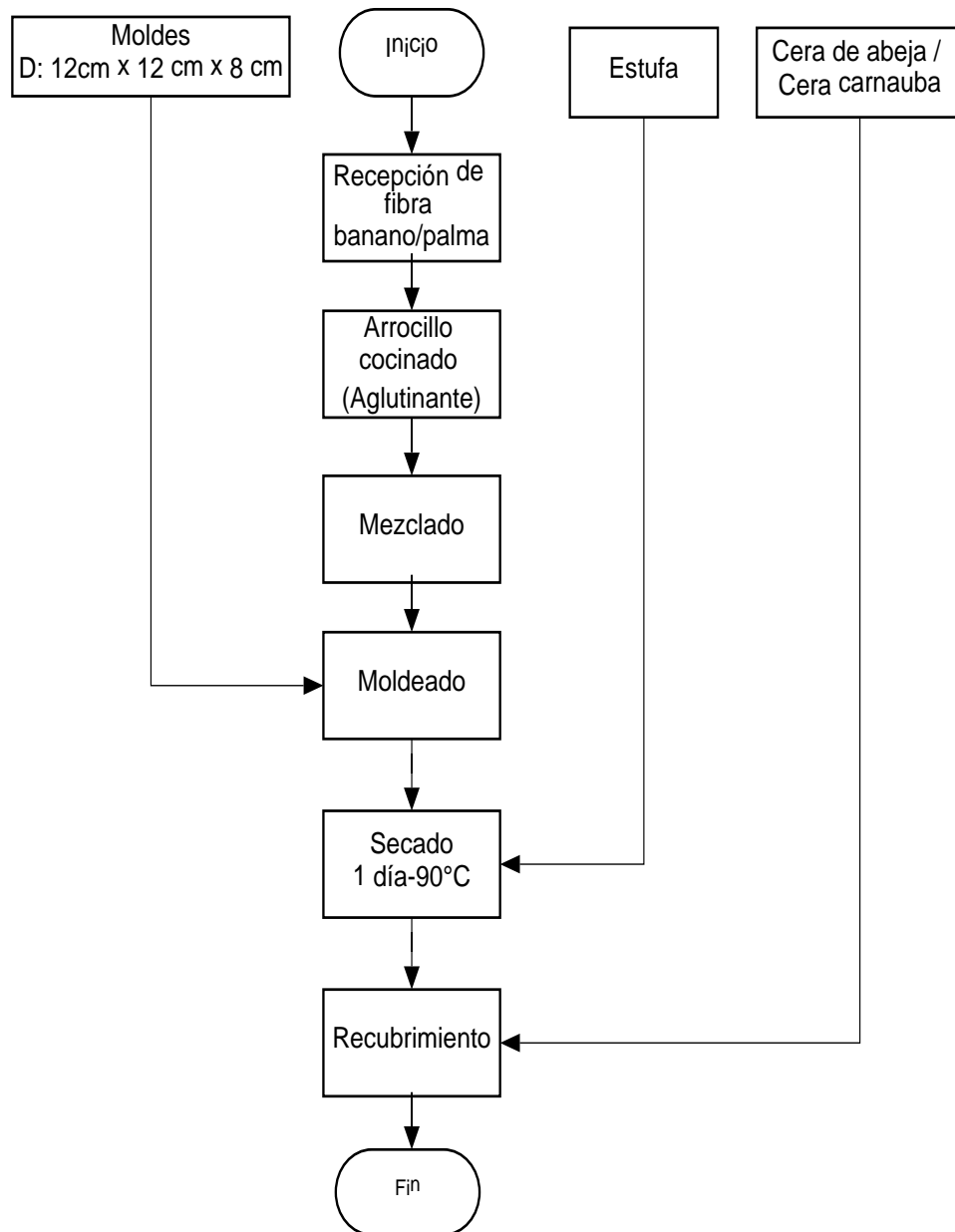


Figura 8. Diagrama de flujo para la elaboración de prototipo de material flotante.

2.4 Diseño Experimental

En la investigación que se realizó se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA). Constituido de 4 tratamientos de 6 repeticiones. Como se observa en la tabla 6.

Tabla 6.

Diseño Experimental usado en el presente estudio.

Diseño de bloques	
Tratamientos	4
# Experimental	1 módulo (6 observaciones)
Repeticiones	4
# Total unidades experimentales	97

Para comprobar la hipótesis de este diseño se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con la finalidad de probar la igualdad o desigualdad entre medias debido a los tratamientos y repeticiones. Las fuentes de variaciones principales son por los tratamientos, repeticiones y por el error.

2.5 Factores a evaluar

En el proceso de elaboración de los materiales flotantes, se tomar en cuenta los factores como indica en la tabla 7.

Tabla 7.

Factores a evaluar

Factores a evaluar	
Factores	Recubrimiento
	Fibra

Se evaluó estos factores, con la finalidad de verificar cual es el más apto, como material flotante, recubrimiento y como soporte a la planta.

2.6 Niveles de los factores

En la investigación se evaluó los niveles de los factores de los tratamientos, que se utilizaron para la elaboración de prototipo de material flotante. Se realizó 4 tratamientos como se indica en la tabla 8.

Tabla 8.

Niveles de factores para prototipo de material flotante.

Niveles de los factores		
Factores fibra	Factores recubrimiento	Niveles
Banano	Cera de abeja	2
	Cera carnauba	
Palma	Cera de abeja	2
	Cera carnauba	

2.7 Características de los prototipos de materiales flotantes

Para evaluar las características del prototipo se lo realiza a través de variables dependientes e independientes de las que se tomó en cuenta durante su elaboración. Con la finalidad de medir cual es el más apropiado. Se evaluaron 3 variables independientes como se indica en la tabla 9.

Tabla 9.

Variables independientes.

Variables independientes	
Fibra	Cobertura
Banano	Cera de abeja
Palma	Cera carnauba

En las variables dependientes evaluamos los aspectos físicos y microbiológicos del prototipo de material flotante. Como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10.

Variables dependientes y unidades de medición.

Variables dependientes	
Tipo	Unidad
Dureza	[KN]
Compresión	[KN]
Flexión	[KN]
Contaminación superficial (Microorganismos)	# Colonias

2.8 Análisis microbiológico del prototipo de material flotante

Para realizar una evaluación completa del prototipo de material flotante, uno de los análisis más importantes son los microbiológicas, por el simple hecho que está en contacto directo el prototipo con la planta que es un producto alimenticio, por lo tanto se realizó análisis superficiales del prototipo para observar si existió algún microorganismo patógeno en el prototipo que pueda contaminar a la lechuga (*Lactuca sativa*). Por lo que se decidió tomar dos muestras a la superficie del prototipo, la primera fue a la mitad del ciclo de la lechuga que representa 15 días después de la siembra y al final del ciclo que en este caso fue a los 30 días.

Para el análisis microbiológico se usó placas compact Dry: EC (*E. coli* / coliformes), TC (Aerobios totales) y YM (hongos y levaduras). El cual cada uno presenta sustratos enzimáticos específicos para el crecimiento de los microorganismo.

Compact Dry EC: En esta placa se desarrolla colonias de coliformes y *E.coli*, Está compuesta por sustratos enzimáticos cromógenos: Magenta-GAL y X-

Gluc. Por lo que los coliformes presentan una coloración roja y *E. coli* color azul.

Compact Dry TC: Este presenta un medio de agar para cultivo estándar, el cual permite identificar, aerobios totales, por la sal de tetrazolio que es un indicador redox. Las colonias se presentan en color rojo.

Compact Dry YM: Esta placa permite observar el desarrollo de mohos y levaduras. Posee el sustrato cromógeno X-Phos, que les provoca una coloración azul

Las placas tienen certificación AOAC, MicroVal y NordVal (Hyserve, 2010). Para la toma de muestras son los siguientes pasos.

2.8.1 Toma de muestras superficiales del prototipo por hisopos y transporte de muestras

La toma de muestras a la superficie del prototipo se realizó a ambas caras de manera aleatoria y en forma de zigzag para poder abarcar toda la zona.

Para tomar estas muestras se siguió ciertos pasos, con la finalidad de tener una muestra 100% confiable. Se siguió el siguiente protocolo.

- Se usó guantes esterilizados, para evitar algún tipo de contacto con el hisopo que se tomó la muestra.
- Se tomaron los prototipos de material flotante al azar de cada sistema y con un hisopo se realizó el raspado en forma de zigzag para la toma de muestras.
- Los hisopos con la muestra tomada se colocó en tubos de ensayos esterilizados para evitar alguna contaminación cruzada.

- Los tubos de ensayo contenían agua destilada, para evitar la muerte de los microorganismos hasta transportarlos del lugar de estudio hacia el laboratorio.
- Los tubos de ensayo se colocaron en un envase, para evitar que se rompan los tubos al momento de transportarlos.

2.8.2 Siembra de muestras superficiales del prototipo de material flotante

Para la siembra de las muestras se realizó diluciones en agua destilada con la finalidad de no tener abundantes colonias de microorganismos cuando estas sean incubadas. Por lo tanto si existe mucha presencia no se puede identificar el tipo de microorganismo y la cantidad de colonias existentes. El cuál se manejó con el siguiente protocolo.

- Se colocó en tubos de ensayo 10ml de agua destilada, para realizar las diluciones de la muestra madre.
- Se realizó diluciones a la 10^{-4} . Para menorar la presencia de colonias del microorganismo a estudiar.
- Se toma 1ml de muestra del tubo de ensayo de la dilución 10^{-4} . Se toma la muestra con una pipeta para coger la cantidad exacta y colocar en los compact dry que se utilizaron.
- Se coloca en el centro de los compact Dry el 1ml que se tomó del tubo de ensayo y se procede a cerrar y etiquetar.
- Las placas compact Dry TC Y EC, fueron llevadas a incubación a una temperatura de 35°C a 37°C por 24 ± 2 horas. Y las placas compact Dry YM a una temperatura de $25 - 30^{\circ}\text{C}$ por 2 a 3 días.

2.9 Análisis físico del prototipo de material flotante

Para el análisis físico del prototipo de material flotante se tomó datos de 6 repeticiones de cada tratamiento en seco. Las pruebas físicas que se evaluaron fueron la dureza, compresión y flexión.

Para medir la dureza se utilizó un equipo llamado penetrómetro, el cuál su unidad de medida es $[Kg/m^3]$. Para la medición presenta dos tipos de escala A y D. La escala A se usa para plásticos blandos y caucho. La escala D es para superficies irregulares. La toma de muestras con este equipo se realiza en la superficie ambas caras. Para realizar las penetraciones en la superficie de los prototipos se lo realizo en cruz, hasta cubrir toda la zona, haciendo una totalidad de 32 penetraciones por cara, para luego obtener un promedio de cada prototipo.

Las muestras de los prototipos de material flotante fueron cortadas en dos partes iguales, para realizar las pruebas de compresión y flexión.

Para medir la compresión se usó el equipo de compresión que trabaja a 3000 KN. Para el cuál es muy importante las dimensiones y peso de la muestra para tener datos reales. Se tomó una muestra del prototipo cortado por la mitad, el cual se lo colocó en el equipo hasta ser comprimido a su máxima expresión. Este equipo nos proporciona 3 datos que mide, lo cuales son: Carga, fuerza y resistencia media.

En la evaluación de la flexión se usó el equipo de ensayos Universal que trabaja a 200 KN. Para su uso son necesarias las dimensiones de la muestra, que fue cortada por la mitad. Para obtener su punto de ruptura, cuando el equipo ejerce presión sobre la muestra del prototipo. Este equipo nos proporciona 2 datos: Carga $[KN]$ y resistencia $[mm]$.

2.10 Análisis de poliestireno expandido como testigo del prototipo de material flotante

Se tomó como testigo al poliestireno expandido, ya que en la actualidad en los cultivos de raíz flotante se usa este material como soporte de las plantas en los cultivos hidropónicos. Se usa este material por sus propiedades y por su peso que es muy ligero, por lo tanto el poliestireno expandido flota. Por lo que esta investigación se enfocó en este material ya que es flotante al igual que los prototipos. Pero con la diferencia que la poliestireno expandido es un derivado del petróleo y los prototipos de material flotante son a base de residuos agroindustriales.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de varianza de resultados obtenidos de la prueba con penetrómetro.

Después de las pruebas realizadas se obtuvo resultados de la dureza de los prototipos de material flotante, aplicándole la prueba del penetrómetro, por la cual se mide la dureza de los prototipos. Para este análisis se tomó 6 muestras ($n=6$) de cada tratamiento. Para realizar el análisis de varianza como se indica en la tabla 11.

Tabla 11.

Análisis de varianza de promedios de dureza del material flotante

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^a	A _j	CV
Dureza	25	0.74	0,69	11,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	251,29	4	62,82	14,19	<0,0001
Error	88,53	20	4,43		
Total	339,82	24			

Con los resultados obtenidos se observó que existe una gran diferencia entre las variables evaluadas ya que su p-valor es <0.0001.

Al realizar la prueba de Tukey nos podemos dar cuenta, que el Tratamiento 2 (Palma 70% - Carnauba 30%) es el material que presenta más dureza que el resto de tratamientos. Como se detalla en la tabla 12, donde se toma en cuenta que letras iguales no son significativamente diferentes.

Tabla 12.

Análisis de significancia de dureza de los prototipos por Tukey.

Tratamiento		$\sigma \pm S^2$	Grupo
		Tukey	
T1	(Banano 70% - Carnauba 30%)	17,87 \pm 0,86	b
T2	(Palma 70% - Carnauba 30%)	23,12 \pm 0,86	c
T3	(Banano 70% - Cera de abeja 30%)	15,90 \pm 0,86	b
T4	(Palma 70% - Cera de abeja 30%)	16,73 \pm 0,86	b

Al realizar el análisis se obtuvo que el tratamiento 2 (Palma 70% - Carnauba 30%), es el que presenta más dureza, pero al comparar con la composición del poliestireno expandido que se lo uso como testigo, se observa que sus valores están dentro del margen de oscilación van de 10-30 kg/m³ como lo corrobora Alvarez y Morán(2016). Por lo que los dos presentan una dureza similar.

3.2 Análisis de resultados obtenidos de la prueba de compresión

En la prueba de compresión para los materiales flotantes, evaluó tres características que fueron: Carga (KN), Fuerza Media (KN), Resistencia Media (N/mm²). No se realizó las pruebas del testigo poliestireno, por el motivo se tomó los datos de la ficha técnica de este material.

3.2.1 Análisis de varianza de prueba de compresión: Carga (KN)

La carga es un subcomponente de la compresión que se midió de los prototipos. En la cual se realizó un análisis de varianza como se observa en la tabla 13.

Tabla 13.

Análisis de varianza de carga KN

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^a	Aj	CV
Carga	24	0,32	0,22	11,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Material	20.344,4	3	6.781,4	3,1	0,04
Error	42.640,1	20	2.132,0		
Total	62.984,6	23			

Al realizar el análisis de la varianza de carga el p-valor obtenido es menor a 0.05, por lo que nos indica que no existe mucha diferencia de carga entre los tratamientos.

Realizando Tukey vemos claramente que la diferencia es insignificativa. Como se observa en la tabla 14. Esto quiere decir que todos los tratamientos tienen la misma carga al momento de comprimirse.

Tabla 14.

Análisis de carga por prueba Tukey

Tratamiento	$\sigma \pm S^2$	Grupo
	Tukey	
T1 (Banano 70% - Carnauba 30%)	364.50 \pm 18,85	a
T2 (Palma 70% - Carnauba 30%)	374 \pm 18,85	a
T3 (Banano 70% - Cera de abeja 30%)	432,33 \pm 18,85	a
T4 (Palma 70% - Cera de abeja 30%)	420,67 \pm 18,85	a

Como se puede observar en los resultados no existe mayor diferencia de carga KN en los materiales flotantes. Pero comparando con el testigo poliestireno este tiene menor carga. Con un valor de 245 KN (JQ, 2016).

3.2.2 Análisis de varianza de prueba de compresión: Fuerza media [KN]

En la tabla 15 se detalla la varianza de fuerza media, al comprimir un prototipo.

Tabla 15.

Análisis de varianza de fuerza media KN

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^a	Aj	CV
Fuerza media	24	0,0	0	10,46
		8		

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	4.657	3	1.552,33	0,61	0,6135
Error	50.517	20	2.525,85		
Total	55.174	23			

Como se observa la varianza obtenida de p-valor siendo mayor a 0.05 no es significativa. Por lo tanto la fuerza media de los prototipos es constante. Aunque con el testigo poliestireno no existe una diferencia muy importante su fuerza es 430 KN (Cruz y Mendoza, 2016).

3.2.3 Análisis de varianza de prueba de compresión: Resistencia media

Se realizó el análisis de varianza de resistencia media al comprimirse como se detalla en la tabla 16

Tabla 16.

Análisis de varianza de resistencia media KN/m²

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^a	Aj	CV
Resistencia	24	0,2	0,13	12,48
Media		4		

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	1.130,45	3	376,82	2,16	0,1242
Error	3.484,05	20	174,2		
Total	4.614,5	23			

Los resultados obtenidos indica que el p-valor es mayor a 0.05 por lo tanto no es significativa la diferencia entre los prototipos porque la resistencia media es constante. Sin embargo al comparar la composición física del testigo poliestireno expandido, este presenta con una resistencia media de acuerdo a la literatura la cual es 70 KN/m² (Cruz y Mendoza,2016), por lo tanto es menor a la resistencia de los prototipos analizados.

3.3 Análisis de resultados obtenido de la prueba de Flexión

Para la obtención de los datos de flexión del prototipo de materiales flotantes, tomando en cuenta que se tomó 6 muestras por tratamiento. Con este análisis, se evaluó dos características: Carga [KN] y resistencia [mm].

3.3.1 Análisis de varianza de pruebas de flexión: Carga [KN]

Se analizó la varianza de carga de los prototipos al ser sometidos a flexión. Como se indica en la tabla 17.

Tabla 17.

Análisis de varianza de pruebas de flexión: Carga [KN]

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	A _j	CV
Carga	24	0,13	0	39,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	0,12	3	0,04	0,99	0,4193
Error	0,84	20	0,04		
Total	0,96	23			

Como se puede observar los resultados de la varianza, el p-valor es mayor a 0.05. Esto quiere decir que al aplicar una carga constante a los prototipos su ruptura se da en el mismo punto.

3.3.2 Análisis de varianza de pruebas de flexión: Resistencia [mm]

Se analizó la varianza de la resistencia a la flexión como se indica en la tabla 18.

Tabla 18.

Análisis de varianza resistencia mm a la flexión.

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	Aj	CV
Resistencia	24	0,0	0	58,52
Media		8		

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	20,72	3	6,91	0,58	0,64
Error	238,86	20	11,94		
Total	259,58	23			

Se observó que el p-valor es mayor a 0.05, por lo que indica que resistencia antes de su ruptura todos los prototipos presentan una resistencia constante. Y haciendo una comparación con el testigo poliestireno expandido con una resistencia de 375 KN (Cruz y Mendoza, 2016). Los dos presentan una resistencia a la flexión constante.

3.4 Análisis microbiológico del prototipo de material flotante

Se analizó si existen microorganismos en los prototipos de material flotante, para verificar si existía presencia de microorganismos: Mesófilos aerobios, mohos y levaduras y *E.coli* coliformes. Para el análisis se tomaron las muestras a los 15 y 30 días.

3.4.1 Análisis microbiológico de mesófilos aerobios a los 15 días y 30 días

Se analizó la varianza de la presencia de mesófilos aerobios en los prototipos a los 15 días, como se observa en la tabla 19.

Tabla 19.

Análisis de varianza de promedios de muestras, presencia de mesófilos aerobios a los 15 días

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	A _j	CV
Mesófilos aerobios	15	0,6	0,5	90,92
		5		

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	18.228,4	4	4.557,1	4,55	0,0237
Error	10.012	10	1.001,2		
Total	28.240,4	14			

Con los resultados obtenidos el p-valor es menor a 0,05. Lo que nos indica que el crecimiento de colonias varía entre los tratamientos. Por lo que se realizó un análisis funcional como se observa en la tabla 20.

Tabla 20.

Análisis funcional de mesófilos por el método de Tukey.

Tratamiento	Colonias(ufc) - Grupo Tukey
T1 (Banano 70% - Carnauba 30%)	10 a
T2 (Palma 70% - Carnauba 30%)	0 a
T3 (Banano 70% - Cera de abeja 30%)	44 b
T4 (Palma 70% - Cera de abeja 30%)	98 b
Testigo	21 b

Por el análisis funcional de Tukey,, hay menor presencia de microorganismos mesofilos en los tratamientos T1 (Banano 70% - Cera carnauba 30%) y T2 (Palma 70% - Cera carnauba 30%). Pero en el tratamiento T4 tiene una alta presencia de colonias de mesófilos, esto se debe dar por contaminación de agua o por la presencia de animales cerca del lugar del sistema de siembra. Se llega a este resultado, porque también se desarrolló colonias en el testigo poliestireno expandido.

Análisis de presencia de mesófilos aerobios a los 30 días como se indica en la tabla 21.

Tabla 21.

Análisis de varianza de muestras microbiológicas de Mesófilos aerobios a los 30 días, cuando finaliza el ciclo de la lechuga.

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	A _j	CV
Mesófilos aerobios	15	0,29	0,01	240,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	5.662,4	4	1.415,6	1,02	0,4413
Error	13.839,33	10	1.383,93		
Total	19.501,73	14			

El resultado obtenido indica que el p-valor es mayor a 0,05, por lo que no existe una diferencia significativa de presencia de colonias de mesófilos aerobios en los prototipos y el testigo.

3.4.2 Análisis microbiológico de *E. coli*/ coliformes a los 15 días y 30 días

Se llevó a cabo el análisis de presencia de *E. coli*/ coliformes en los prototipos de material flotante. Como se detalla en la tabla 22

Tabla 22.

Análisis de varianza de E. Coli / coliformes a los 15 días al inicio del experimento, al estar el prototipo en contacto con el agua y la planta.

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	Aj	CV
<i>E. coli</i> /	15	0,2	0	189,3
coliform		7		4
es				

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	48,93	4	12,2	0,91	0,4
Error	134	10	13,4		
Total	182,93	14			

El p-valor es 0,4, según indica la tabla, no existe diferencia significativa de desarrollo de colonia en los prototipos *E. coli* / coliformes en los materiales flotantes. Con este resultado y con el crecimiento de colonias en los compact dry utilizados, se puede decir que el desarrollo de *E. coli* / coliformes es bajo tanto en los tratamientos como en el testigo poliestireno expandido.

A los 30 días se realizó otro muestreo con la finalidad de observar si hay un incremento de contaminación, como se observa en la tabla 23.

Tabla 23.

Análisis de varianza, promedio de muestras E.coli / coliformes a los 30 días

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	Aj	CV
<i>E. coli</i> / coliformes	15	0,38	0,13	204,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Material	5.199,33	4	1.299,83	1,51	0,27
Error	8.590	10	859		
Total	13.789,33	14			

Al obtener como resultado p-valor mayor 0.05, nos indica que el desarrollo de colonias es igual en los tratamientos y el testigo. Por lo tanto no hay diferencia entre los tratamientos muestreados de presencia de *E.coli* / coliformes.

3.4.3 Análisis microbiológico de mohos y levaduras a los 15 días y 30 días

Los mohos y levaduras, se hacen presentes cuando hay presencia de agua en algún producto, se proliferan muy rápido (Álvarez, 2012). Por lo cual se hizo este análisis, ya que los prototipos están en contacto con agua todo el tiempo. El análisis se realizó como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24.

Análisis de varianza de mohos y levaduras a los 15 días

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^a	Aj	CV
Mohos y levaduras	15	0,27	0	333,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Material	141,82	4	35,45	0,91	0,5
Error	387,92	10	38,79		
Total	529,73	14			

Después de realizar los análisis estadístico, nos da el resultado de p-valor el cual es 0.5 siendo este mayor que 0.05, Por lo tanto el desarrollo de colonias es igual en cualquier tratamiento y en el testigo. De igual manera comparando el desarrollo de colonias después de la incubación este es muy bajo, no existe mayor presencia en los prototipos.

Tabla 25.

Análisis de Varianza, de muestra mohos y levaduras a los 30 días

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ^a	Aj	CV
Mohos y levaduras	15	0,39	0.14	255.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Material	248,67	4	114,67	1,59	0,25
Error	722,67	10	72,27		
Total	1.181,33	14			

El p-valor es mayor a 0.05, por lo que el desarrollo de colonias es igual en los tratamientos y al testigo.

Después de los análisis que se realizaron, en los materiales flotantes no existe presencia de microorganismos patógenos. Por lo que todos los microorganismos presentes en las placas son debido a la mala manipulación o por la presencia de animales.

3.5 Análisis de siembra

Los prototipos después de haber cumplido su función durante todo el ciclo de crecimiento de la lechuga. Se analizó cual es el más apto para los cultivos hidropónicos. Y se determinó que el tratamiento 2 (70% Palma y 30% Carnauba). Ya que el desarrollo de la lechuga fue positivo, en todo el ciclo no afecto al desarrollo de la lechuga. Haciendo comparación con el testigo

poliestireno, no presenta contaminación alguna, que afecte al desarrollo de la planta.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE COSTO

4.1 Costo de prototipo de material flotante con fibra palma

Para obtener el costo de la elaboración de prototipo de fibra de palma, se tomó en cuenta el valor del transporte desde el Cantón de Puerto Quito al Cantón de Quito, el valor es de \$1.40 por kilogramo. La fibra de palma no tiene un costo, es un desperdicio agroindustrial, que en ocasiones botan a la quebrada, lo usan como abono orgánico o lo usan para las mismas calderas de extracción de aceite, se tomará en cuenta solo el costo del transporte de la fibra.

Para la elaboración del material flotante se usa el arrocillo de la variedad INIAP 15, esta variedad se elige por un estudio previo que se realizó. El costo del arrocillo es de \$0.48 kg (Sarasty, 2017).

Por último el costo del sulfato de cobre (I) es de \$60 el paquete de 1000 g. El detalle de los valores y cantidades usadas se observan en la tabla 26.

Tabla 26.

Tabla de costo, elaboración de 1 kg de prototipo de material flotante con fibra de palma con recubrimiento de cera de abeja

Material	Costo (Kg)	Cantidad (Kg)	Total
Palma (70%)	\$1,40	0,402	\$0,56
Arrocillo (30%)	\$0,48	0,26	\$0,12
Sulfato de Cobre(I)	\$60	0,14	\$8,40
Cera de Abeja	\$30	0,24	\$7,2
TOTAL			\$1,28

La elaboración de 1 kg de material flotante (70% fibra de Palma – 30% arrecillo) con recubrimiento de cera de abeja, el costo unitario es de \$16.24. Se debe tomar en cuenta que el costo es por 1 kg de material, de lo cual se obtuvo 7 prototipos de material flotante. Por lo tanto el precio de cada uno es de \$2.32 y con recubrimiento de cera carnauba es de \$1.81 como se detalla en la tabla 27.

Tabla 27.

Tabla de costo, elaboración de 1 kg de prototipo de material flotante con fibra de palma con recubrimiento de cera carnauba

Material	Costo (Kg)	Cantidad (Kg)	Total
Palma (70%)	\$1.40	0.402	\$0.56
Arrocillo (30%)	\$0.48	0.26	\$0.12
Sulfato de Cobre(I)	\$60	0.14	\$8.40
Cera Carnauba	\$15	0.24	\$3.6
TOTAL			\$12.68

4.2 Costo de prototipo de material flotante de fibra de banano

Para la elaboración del prototipo de material flotante de fibra de banano, se toma en cuenta el costo de fibra, de transporte, arroccillo, sulfato de cobre (I) y el recubrimiento de cera de abeja y cera carnauba.

El costo de transporte es de \$1.40 el kg. Desde el cantón de Puerto Quito hasta el Cantón Quito. El banano se lo trae en pseudotallo, para ser procesado en Quito. Con esto se obtuvo un valor total como se indica en la tabla 28.

Tabla 28.

Costo de elaboración de prototipo de materiales flotantes con fibra de banano de 1kg

Material	Costo (Kg)	Cantidad (Kg)	Total
Banano (70%)	\$3.50	0.40	\$1.40
Arrocillo (30%)	\$0.48	0.26	\$0.12
Sulfato de Cobre(I)	\$60	0.14	\$8.40
Cera de abeja	\$30	0.24	\$7.20
TOTAL			\$17.12

De un 1kg procesado se obtuvo 7 prototipos de material flotante (70% Banano-30% arrocillo), con recubrimiento de cera de abeja. El cual da un valor unitario de \$2.44.

Mientras que con recubrimiento de cera carnauba se obtiene un valor unitario de \$1.93 como se observa en la tabla 29.

Tabla 29.

Costo de elaboración de prototipo de materiales flotantes con fibra de banano de 1 kg

Material	Costo (Kg)	Cantidad (Kg)	Total
Banano (70%)	\$3.50	0.40	\$1.40
Arrocillo (30%)	\$0.48	0.26	\$0.12
Sulfato de Cobre(I)	\$60	0.14	\$8.40
Cera de abeja	\$15	0.24	\$3.60
TOTAL			\$13.52

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Beneficios

Los prototipos de material flotante se dan con el fin de escatimar gastos al agricultor, como también disminuir la incidencia del uso de químicos dentro de los cultivos actuales.

La materia prima para la elaboración de este prototipo es de fácil acceso.

El prototipo puede ser elaborado de forma casera y de manera industrial, en el que cabe resaltar que no varía su composición, sino el tiempo de su elaboración.

El prototipo planteado económicamente es rentable por todos los gastos que se disminuirían al momento de terminar la vida útil del material, donde se

disminuirán gastos extras (Transporte para llevar el poliestireno expandido) y además es amigable con el medio ambiente.

Un punto muy importante de los prototipos de material flotante es la reutilización que se le da a un desecho agroindustrial.

Al momento de que el prototipo comienza su etapa de degradación este no libera ninguna toxina que pueda afectar al desarrollo del cultivo.

5.2 Conclusiones

Se concluye que después de evaluar los cuatro tratamientos elaborados, se llegó a la conclusión que el tratamiento más apto a desarrollar es el de fibra de palma 70%, arrocillo 30%; por su respuesta favorable al contacto con la planta y su entorno inmediato.

Durante todo el ciclo de desarrollo de lechuga se evidenciaron cambios de los prototipos, ya que existieron desprendimientos del recubrimiento, y en ocasiones desprendimientos del material flotante. Esto se evidenció durante el contacto que tuvo el prototipo con la planta y el agua. Pero no afectó al desarrollo de la planta.

Por lo que se realizó pruebas microbiológicas donde se pudo concluir que la presencia de microorganismos en los materiales flotantes son: Mesófilos aerobios, mohos y levaduras y *E.coli*/coliformes, hay presencia pero no en gran cantidad y los microorganismos encontrados no son patógenos. Se debe por la mala manipulación y en el medio que se encuentra. El material flotante con menor presencia de microorganismos, fue (Palma 70% - arrocillo 30% y carnauba). Esto puede ser rápidamente identificado gracias a los resultados que se obtiene por análisis de varianza y análisis funcional de Tukey. Con el

cual se puede detectar si existe un alto desarrollo de colonias en los prototipos de material flotantes.

Por último el prototipo satisface necesidades actuales en cuanto a buscar nuevas y mejores maneras de disminuir la contaminación ambiental. Al comparar los precios de los prototipos realizados con el testigo poliestireno, se evidencia los valores entre los dos, siendo la espuma flex poliestireno más económica que los prototipos de material flotante. Pero se debe tomar en cuenta que los prototipos tienen un valor más elevado, pero al momento de su producción no produce contaminantes y tampoco se necesita de químicos para su elaboración, por lo cual estos prototipos son amigables con el medio ambiente, ya que su principal materia son residuos vegetales.

5.3 Recomendaciones

Al momento de cosechar los pseudotallos de banano, se debe tomar en cuenta los pseudotallos maduros, ya que contienen más fibra que agua.

Para un correcto secado del pseudotallo, primero se debe cortar en pequeños pedazos, para que al momento de poner e a secar, se obtenga la fibra seca en menor tiempo.

La fibra de banano seca se debe someter a trituración, para reducir el tamaño de la fibra, el cuál pueda ser fácil de manipular y sea apto para la preparación de la mezcla.

La fibra de palma, se debe tamizar. Puesto que se obtiene después de la extracción del aceite es fibra de palma, cáscara y nueces.

Evitar poner la fibra de palma en algún lugar contaminado, en el proceso de secado, para evitar una contaminación cruzada.

El tiempo de cocción del arrocillo debe ser el adecuado, porque si se lo cocina en menor tiempo, saldrá duro, por lo que al momento de realizar la mezcla no se podrá obtener una masa homogénea.

Las dos ceras utilizadas deben ser diluidas a baño María. Por lo que se utilizó un recipiente hondo, donde pueda entrar el prototipo de material flotante y sea fácil su aplicación, con la finalidad de evitar que el prototipo se humedezca y exista alguna contaminación con el agua.

REFERENCIAS

- Alvarez Ramos, A., Cruz Rojas, L. J., Mendoza Gonzalez, M. G.y Moran Hernandez, A. E. (2012). Poliestireno expandido EPS. Recuperado el 10 de Junio de 2017 de <http://www.ifuap.buap.mx>
- Agency, E. P. (2009). Historia Poliestireno expandido Recuperado el 12 de Junio de 2017, de <http://web.archive.org/web/20160303174923/http://www.epa.gov/EPA-AIR/1995/July/Day-28/pr-860.html>
- Anape. (2011). Propiedades del EPS. Recuperado el 14 de Junio de 2017 de <http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>
- Agriculturers. (2015). Aeroponía. Recuperado el 16 de Junio del 2017 de <http://agriculturers.com/que-es-la-aeroponia/>
- Apícola. (2015). Portal Apícola. Recuperado 12 de Junio de 2017, de <http://api-cultura.com/produccion-de-cera/>
- Chilibroste, P., Mario, G., Eduardo, U., Aparicio, H., Juan, V., y Mario, C. (2007). infoagricola. Recuperado el 28 de Enero de 2017, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>
- Dspace. (2010). Residuos agroindustriales. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/143/10/T-UTB-FACIAG-AGR-000039.03.pdf>
- Escobar, S. C. (2010). Materiales de construccion para edificación y obra civil. Alicante: Editorial club Universitario.

- FAO. (2005). La apicultura y los medios de vida sostenible. Recuperado el 11 de Mayo de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s00.htm#Contents>
- FAO. (2005). La cera de abejas - Un producto útil y valioso. Recuperado el 12 de Febrero de 2017 de <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s07.htm>
- García, G. I. (2006). Tipos de hidroponía. Recuperado el 30 de enero de 2017, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/191/1/81021.pdf>
- García, Á. F. (2010). Principio de Arquímedes. Recuperado el 17 de Mayo de 2017 de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>
- Gualdrón, V. (2009). El medio Ambiente nuestra responsabilidad. Recuperado 30 de Enero de 2017, de <http://mavigudi.blogspot.com/2009/01/informacin-importante-sobre-espuma-de.html>
- Guzman, G. (2004). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 30 de Enero de 2017, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- James, C. (2009). Banano, origen e influencia en la economía ecuatoriana. Recuperado el 11 de Junio de 2017 de <http://carlosjames-carlosjames-1.blogspot.com/>
- MAGAP. (2013). SINAGAP. Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/palma_afri_cana.pdf

- MAIPU. (2013). Huerto hidropónico. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de <http://huertohidronicocch.jimdo.com/m%C3%A9todo-ra%C3%ADz-flotante/>
- Minaya, E., & Romero Ojeda, C. (2017). Cultivo en raíz flotante de cilantro y lechuga, técnica hidropónica. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de <http://expociencias.com.crumx/project/cultivo-en-raiz-flotante-de-cilantro-y-lechuga-tecnica-hidroponica/>
- Marulanda, C., & Juan, I. (2003). Residuo de Banano. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>.
- Maurat. (2014). Repositorio Cuenca. Recuperado el 24 de Mayo de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5292/1/tesis.pdf>
- Martín, M. (2017). El aceite de palma como ingrediente en leches artificiales. Recuperado el 13 de Diciembre de 2016 de <https://crianzaconapegonatural.blog/2017/03/29/el-aceite-de-palma-como-ingrediente-en-leches-artificiales/>
- Mejía, M. (2012). Hidroponía. Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4638/1/CD-4269.pdf>
- ONI. (2010). Flexión. Recuperado el 26 de Enero del 2017 de <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemateriales/Ensayos/flexion.htm>
- Ortiz, J. A. (2008). Aprovechamiento de los residuos de la palma africana. Recuperado el 08 de Junio del 2017 de <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/CONAMET-SAM2008/pdfs/a9.pdf>
- Pinanson. (2014). Tipos de fuerzas. Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de <http://www.pinanson.com/glosario/durability/>

- Proecuador. (2016). Análisis Sectoral. Recuperado el 23 de Mayo de 2017, de http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2016/09/PROEC_AS2016_BANANO.pdf
- Porecuador. (2014). Aceite de palma y elaborados 2014. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016 de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/05/PROEC_AS2016_ACEITEPALMA.pdf
- Quiminet. (2011). Todo lo que quería saber de la cera carnauba. Recuperado de 10 de Junio de 2017 de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-de-la-cera-de-carnauba-57200.htm>
- Rodriguez, B. (2017). slideshare. Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de <https://es.slideshare.net/bryandavid24/recubrimiento-organico>
- Rodriguez, F. (2003). Principles Polymer Systems Sol Man. Taylor y Francis group.
- Sarasty, O. (2017). aprovechamiento de las propiedades aglutinantes del arrozillo (oryza sativa) y fibras vegetales en la elaboración de empaques alimentarios ecológicos. 76.
- Textoscientificos. (2005). Poliestireno expandido. Recuperado el 18 de Febrero de 2017 de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Züнкler, B. (2003). Ejercicios sobre elasticidad y resistencia de materiales. Barcelona: Editorial Reverté S.A.
- Rodríguez. (2013). Elasticidad y resistencia de materiales II. Madrid.
- León. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. Colombia: Agroamérica.

ANEXOS



Figura 4. Placas compact D microbiológicas



Figura 5. Material flotante, pruebas de campo



*Figura 6.*Maquina cortadora



*Figura 7.*Muestras cortadas para someter a las pruebas físicas



*Figura 8.*Equipo ensayo universal



*Figura 9.*Muestra sometida a compresión a su máxima expresión



Figura 10. Equipo de compresión



Figura 11. Penetrómetro



Figura 12. Material flotante



Figura 13. Equipo, conteo de colonias

