



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y  
ORGANOLEPTICAS DE LECHUGA BLACK SEED SIMPSON EN  
HIDROPONÍA A RAÍZ DESNUDA CON MATERIALES  
DE SOPORTE ALTERNATIVOS.

Autor

Jaime Andrés Cumbal Aldaz

Año  
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y  
ORGANOLEPTICAS DE LECHUGA BLACK SEED SIMPSON EN  
HIDROPONÍA A RAÍZ DESNUDA CON MATERIALES DE SOPORTE  
ALTERNATIVOS.

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

Profesora Guía

MSc. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

Autor

Jaime Andrés Cumbal Aldaz

Año

2018

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido el trabajo, evaluación de las características agronómicas y organolépticas de lechuga black seed simpson en hidroponía a raíz desnuda con materiales de soporte alternativos, a través de reuniones periódicas con el estudiante Jaime Andres Cumbal Aldaz, en el semestre 2018-2, 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”.

---

Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez  
Magister Gestión De Proyectos Socio Productivos  
C.I: 1713985198

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, evaluación de las características agronómicas y organolépticas de lechuga black seed simpson en hidroponía a raíz desnuda con materiales de soporte alternativos, del estudiante Jaime Andres Cumbal Aldaz, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Darío Miguel Posso Reyes  
Magister Ciencia e Ingeniería De Los Alimentos  
C.I: 1713040952

## **DECLARACIÓN AUDITORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Jaime Andres Cumbal Aldaz  
C.I.1719226068

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios y a mis padres por regalarme la vida y las facilidades para desenvolverme a diario.

A mis profesores fuente de conocimiento y sabiduría que se comprometieron en compartirla sin privarme de nada.

A mis amigos del presente y pasado que fueron un apoyo incondicional en todo momento.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jaime Cumbal y Carlota Aldaz por guiarme con numerosas reglas y algunas libertades, pero sobre todo por el apoyo absoluto que me entregan sin condición alguna.

A mi hijo Emiliano por ser la fuente de motivación e inspiración necesaria cuando más lo necesite, a mi esposa Karen por estar a mi lado ser mi amiga y brindarme su apoyo en los momentos más difíciles.

## RESUMEN

El proyecto de titulación fue desarrollado en la ciudad de Sangolquí, el objetivo principal fue evaluar las características agronómicas relevantes de la lechuga variedad Black Seed Simpson a partir de materiales alternos al poliestireno expandido, las formulaciones de los materiales flotantes fueron evaluados previo a la experimentación en campo, dichos materiales fueron utilizados como soportes flotantes para ser evaluados en los cultivos hidropónicos, con el fin de obtener cultivos semejantes al método hidropónico convencional actualmente usando espuma flex como soporte. La propuesta se basa, en la evaluación de características agronómicas relevantes en el cultivo de lechuga variedad Black Seed Simpson que se encuentran suspendidas sobre una solución nutritiva por medio del material flotante, El material flotante es un aglomerado de fibra de palma obtenida de los residuos agroindustriales, recubierto con cera de abeja y cera carnauba indistintamente, dichos soportes son de fabricación artesanal. Las variables agronómicas fueron medidas en el invernadero elaborado para el desarrollo del proyecto ubicado en el Barrio San Fernando en la ciudad de Sangolquí. En este lugar se llevó a cabo la evaluación del nivel de contaminación, mortalidad, peso de la raíz durante el ciclo del cultivo de lechuga, peso de la parte aérea durante el ciclo de cultivo de lechuga. Además, en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad De Las Américas se llevó a cabo el análisis microbiológico donde se realizaron análisis de aerobios totales, mohos, levaduras, escherichia coli, coliformes tanto de la lechuga siendo el producto final como de los soportes, con el fin de evaluar la calidad del producto obtenido de los diferentes tratamientos en comparación al testigo un método convencional usando como soporte espuma flex. Como resultado los productos obtenidos de los soportes con recubrimiento de cera de abeja tuvieron mejores resultados a los soportes con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo un sistema hidropónico convencional con espuma flex. De igual manera el soporte con recubrimiento de cera de abeja es adecuado para su uso en un sistema hidropónico a escala comercial, por su baja carga de microorganismos.

## ABSTRACT

The titration project was developed in the city of Sangolquí, the main objective is to evaluate the agronomic characteristics of the Black Seed Simpson lettuce variety, from alternating materials to polystyrene, the formulations of the floating materials were evaluated to the field experimentation, it is said that the materials were used as floating supports to be evaluated in hydroponic crops, in order to obtain results similar to the hydroponic method, now using flexible foam as support. The proposal is based on the evaluation of relevant agronomic characteristics in the Black Seed Simpson lettuce variety, which is suspended on a nutrient solution by means of the floating material. The floating material is an agglomerate of palm fiber obtained from the waste industries, coated with beeswax and carnauba wax indistinctly, said supports are handmade. The agronomic variables were measured in the greenhouse prepared for the development of the project located in the San Fernando neighborhood in the city of Sangolquí. In this place, the evaluation of the level of contamination, mortality, weight of the breed during the lettuce cultivation cycle, weight of the aerial part during the lettuce cultivation cycle was carried out. In addition, at the Faculty of Engineering and Agricultural Sciences of the University of the Americas, microbiological analysis was carried out where analysis of total aerobes, molds, yeasts, escherichia coli, coliforms of both the lettuce and the final product as well as the supports, in order to evaluate the quality of the product obtained from the different treatments compared to a conventional method using flex foam as a support. As a result, the products obtained from the beeswax coated supports had better results than the carnauba wax coated supports compared to a conventional hydroponic system with flexible foam. Similarly, the support with cement coating is suitable for use in a commercial scale hydroponic system, due to its low load of microorganisms.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Problemática.....	1
Justificación.....	2
Objetivos.....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos .....	4
Hipótesis .....	5
Hipótesis General.....	5
1.    CAPÍTULO MARCO TEÓRICO .....	5
1.1.    Cultivo de lechuga.....	5
1.1.1.    Requerimientos edafoclimáticos de la lechuga.....	5
1.1.1.1.    Temperatura.....	6
1.1.1.2.    Humedad relativa .....	6
1.1.1.3.    Suelo .....	6
1.1.2.    Densidad de siembra de la lechuga.....	7
1.1.3.    Características fisiológicas de la lechuga .....	7
1.1.3.1.    Raíz.....	7
1.1.3.2.    Tallo.....	8
1.1.3.3.    Hojas .....	8
1.1.4.    Características agronómicas de la lechuga. ....	9
1.1.4.1.    Incidencia de enfermedades. ....	9
1.1.4.2.    Porcentaje de mortalidad.....	9
1.1.4.3.    Madurez comercial. ....	9
1.1.4.4.    Peso del tallo y raíz. ....	9
1.1.4.5.    Peso en fresco (parte aérea).....	9
1.1.5.    Características organolépticas de la lechuga .....	10
1.1.5.1.    Color.....	10
1.1.5.2.    Olor.....	10

1.1.5.3. Sabor.....	10
1.1.5.4. Textura .....	10
1.1.6. Composición Nutricional de la lechuga .....	10
1.2. Cultivo sin suelo. ....	11
1.2.1. Hidroponía .....	12
1.2.1.1. Sistema hidropónico de lechuga para producción comercial.....	13
1.2.2. Proceso de manufactura hidropónica de lechuga.....	14
1.2.2.1. Selección de la variedad .....	14
1.2.2.2. Producción de plántulas .....	14
1.2.2.3. Trasplante .....	15
1.2.2.4. Solución nutritiva en hidroponía .....	15
1.3. Residuos en la manufactura Agroindustrial .....	16
1.3.1. Industria extractora de aceite de palma.....	16
1.3.2. Superficie, producción y rendimientos de palma africana en el Ecuador .....	16
1.4. Contaminación del medio ambiente con espuma flex .....	18
1.4.1. Tipos de materiales alternativos a la espuma flex .....	18
1.4.1.1. Plástico cultivado a partir de hongos .....	18
1.4.1.2. Vasos desechables de seda y camarones .....	18
1.4.1.3. Plástico a partir de papas .....	19
1.4.1.4. Aglomerado .....	19
2. CAPITULO II METODOLOGÍA.....	22
2.1. Métodos.....	22
2.1.1. Localización del estudio.....	22
2.1.2. Elaboración y evaluación del material flotante a utilizar en los sistemas hidropónicos del proyecto .....	22
2.1.2.1. Materiales.....	23
2.1.2.2. Diagrama secado de fibra de palma.....	23
2.1.2.3. Diagrama elaboración de aglutinante .....	24
2.1.2.4. Diagrama elaboración material flotante 200 g composición (60% fibra / 40% Aglutinante .....	25

2.1.3.	Determinación de las características agronómicas de la lechuga	27
2.1.4.	Comparación de las características agronómicas de la lechuga ..	27
2.1.5.	Evaluación de la contaminación en base a análisis microbiológicos en muestras de soportes y lechugas de los sistemas hidropónicos .....	27
2.1.5.1.	Toma de muestra soportes día 0, día 25, día 50.....	28
2.1.5.2.	Toma de muestra lechuga día 50.....	28
2.1.5.3.	Siembra en placas Compact Dry.....	28
2.1.6.	Aplicación de pruebas hedónicas .....	29
2.1.7.	Estadística .....	31
2.1.7.1.	Diseño experimental incidencia en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.....	31
2.1.7.1.1.	Factores, niveles, repeticiones y cálculo de unidades experimentales en la incidencia de la experimentación en la variedad de lechuga Black Seed Simpson. ....	31
2.1.7.1.2.	Análisis funcional .....	32
2.1.7.1.3.	Variables .....	33
2.1.7.2.	Diseño de las pruebas hedónicas en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.....	33
2.1.7.2.1.	Análisis funcional .....	34
2.1.7.2.2.	Variables .....	34
2.1.8.	Manejo del experimento .....	34
2.1.8.1.	Preparación para la siembra .....	34
2.1.8.2.	Implementación de testigo.....	35
2.1.8.3.	Implementación sistema hidropónico propuesto .....	35
2.1.8.4.	Manejo del sistema hidropónico .....	36
<b>3.</b>	<b>CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>36</b>
3.1.	Evaluación de la dureza y flexión en los materiales flotantes. ....	36
3.1.1.	Análisis resultados prueba de dureza.....	36
3.1.2.	Análisis resultados prueba de flexión .....	38
3.1.3.	Análisis de los resultados de los materiales flotantes.....	39

3.2.	Determinación de las características agronómicas de la lechuga.....	40
3.3.	Evaluación de la diferencia de pesos inicial día 0 vs final día 50 en el proyecto de titulación.....	40
3.3.1.	Análisis de pesos raíz día 0 vs día 50 .....	40
3.3.2.	Análisis de pesos parte aérea día 0 vs día 50 .....	43
3.3.3.	Análisis resultados pesos de raíz y parte aérea de lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos. ....	45
3.4.	Evaluación de los análisis microbiológicos en la lechuga obtenida de la parte experimental. ....	46
3.4.1.	Análisis resultados microbiológicos Coliformes .....	46
3.4.2.	Análisis resultados microbiológicos Aerobios Totales .....	47
3.4.3.	Análisis resultados microbiológicos Mohos .....	48
3.4.4.	Análisis resultados microbiológicos Levaduras.....	50
3.4.5.	Análisis resultados microbiológicos lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.....	51
3.5.	Evaluación de los análisis microbiológicos en los soportes utilizados en los sistemas hidropónicos.....	52
3.5.1.	Análisis resultados microbiológicos Coliformes .....	52
3.5.2.	Análisis resultados microbiológicos Aerobios Totales .....	55
3.5.3.	Análisis microbiológicos Mohos.....	57
3.5.4.	Análisis resultados microbiológicos Levaduras.....	59
3.5.5.	Análisis resultados microbiológicos soportes utilizados en sistemas hidropónicos.....	61
3.6.	Análisis de la evaluación hedónica de las lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.....	61
3.6.1.	Análisis de resultados de evaluación hedónica. ....	62
3.6.2.	Análisis resultados evaluación hedónica de lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.....	63

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
4.1. Conclusiones.....	64
4.2. Recomendaciones .....	65
REFERENCIAS .....	66
ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla nutricional de lechuga por 100g de porción comestible</i> .....	11
Tabla 2 <i>Información del cultivo de palma</i> .....	17
Tabla 3 <i>Composición química de la fibra de palma aceitera</i> .....	20
Tabla 4 <i>Componentes químicos de la cera de abeja</i> .....	21
Tabla 5 <i>Componentes químicos de la cera carnauba</i> .....	22
Tabla 6 <i>Características del lugar</i> .....	22
Tabla 7 <i>Formulaciones para el material flotante</i> .....	23
Tabla 8 <i>Ficha de control semanal</i> .....	27
Tabla 9 <i>Factores y niveles DCBA (1*2+1)</i> .....	31
Tabla 10 <i>Calculo unidades experimentales DCBA (1*2+1)</i> .....	32
Tabla 11 <i>Matriz de tratamientos con repeticiones DCBA (1*2+1)</i> .....	32
Tabla 12 <i>Variables para toma de datos DCBA (1*2+1)</i> .....	33
Tabla 13 <i>Escala hedónica</i> .....	33
Tabla 14 <i>Variables para toma de datos DCBA (1*2+1)</i> .....	34
Tabla 15 <i>Análisis de varianza de promedios de dureza</i> .....	37
Tabla 16 <i>Análisis prueba Tukey de promedios de dureza</i> .....	38
Tabla 17 <i>Análisis de varianza de promedios de flexión</i> .....	38
Tabla 18 <i>Análisis prueba Tukey de promedios de flexión</i> .....	39
Tabla 19 <i>Análisis de varianza de promedios Pesos de la raíz día 0</i> .....	41
Tabla 20 <i>Análisis de varianza de promedios Peso de la raíz día 50</i> .....	41
Tabla 21 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Pesos raíz día 0</i> .....	42
Tabla 22 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Pesos raíz día 50</i> .....	42
Tabla 23 <i>Análisis de varianza de promedios Peso de la parte aérea día 0</i> .....	43
Tabla 24 <i>Análisis de varianza de promedios Peso de la parte aérea día 50</i> ....	44
Tabla 25 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Pesos parte aérea día 0</i> .....	45
Tabla 26 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Pesos parte aérea día 50</i> .....	45
Tabla 27 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes día 50</i> .....	46
Tabla 28 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes día 50</i> .....	47
Tabla 29 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	

<i>Totales día 50.....</i>	47
Tabla 30 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	
<i>Totales día 50.....</i>	48
Tabla 31 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos día 50....</i>	49
Tabla 32 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos</i>	
<i>día 50 .....</i>	50
Tabla 33 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras</i>	
<i>día 50 .....</i>	50
Tabla 34 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levaduras</i>	
<i>día 50. ....</i>	51
Tabla 35 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 0 .....</i>	52
Tabla 36 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 25 .....</i>	53
Tabla 37 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 50 .....</i>	53
Tabla 38 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 0 .....</i>	54
.Tabla 39 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 25 .....</i>	54
Tabla 40 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes</i>	
<i>día 50 .....</i>	55
Tabla 41 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	
<i>Totales día 25.....</i>	55
Tabla 42 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	
<i>Totales día 50.....</i>	
Tabla 43 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	
<i>Totales día 25.....</i>	56
Tabla 44 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios</i>	
<i>Totales día 50.....</i>	57
Tabla 45 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos</i>	
<i>día 25 .....</i>	57

Tabla 46 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos</i> <i>día 50</i> .....	58
Tabla 47 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos</i> <i>día 25</i> .....	58
Tabla 48 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos</i> <i>día 50</i> .....	59
Tabla 49 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras</i> <i>día 25</i> .....	59
Tabla 50 <i>Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras</i> <i>día 50</i> .....	60
Tabla 51 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levadura</i> <i>día 25</i> .....	60
Tabla 52 <i>Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levadura</i> <i>día 50</i> .....	61
Tabla 53 <i>Análisis de varianza de la evaluación hedónica</i> .....	62
Tabla 54 <i>Análisis prueba Tukey de la evaluación hedónica</i> .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Raíz de lechuga (B).....	8
<i>Figura 2</i> Tallo de lechuga (A) .....	8
<i>Figura 3</i> Hojas de lechuga .....	8
<i>Figura 4</i> Sistema hidropónico NFT .....	13
<i>Figura 5</i> Sistema hidropónico raíz flotante .....	14
<i>Figura 6</i> Producción de palma africana.....	17
<i>Figura 7</i> Diagrama de flujo secado de fibra de palma.....	24
<i>Figura 8</i> Diagrama de flujo elaboración de aglutinante .....	25
<i>Figura 9</i> Diagrama de flujo elaboración material flotante .....	26
<i>Figura 10</i> Encuesta pruebas hedónicas .....	30
<i>Figura 11</i> Materiales para la elaboración de aglomerados.....	70
<i>Figura 12</i> Secado de aglomerados .....	70
<i>Figura 13</i> Test de dureza en aglomerado .....	71
<i>Figura 14</i> Test de Flexión en aglomerado.....	71
<i>Figura 15</i> Sistema hidropónico.....	72
<i>Figura 16</i> Material flotante cubierto con cera de abeja.....	72
<i>Figura 17</i> Material flotante cubierto con cera carnauba .....	73
<i>Figura 18</i> Testigo de espuma flex .....	73
<i>Figura 19</i> Peso final de raíz.....	74
<i>Figura 20</i> Peso final parte aérea .....	74
<i>Figura 21</i> Siembras para análisis microbiológicos .....	75
<i>Figura 22</i> Placas Compact Dry para recuento de microorganismos.....	75

## INTRODUCCIÓN

La globalización es una transición a nivel mundial al que industrias ecuatorianas se han visto obligadas a acoplarse, grandes y pequeñas empresas tienen como objetivo principal abrir nuevos segmentos de mercado de una forma competitiva en el cual la lechuga hidropónica siendo un producto gourmet alcanza estándares elevados para su producción y comercialización a nivel nacional y con proyectos de exportación (Birgi, 2015).

La normativa NOM-161-SEMARNAT-2011 sobre clasificación de residuos para determinar los que se encuentren sujetos a procesos de tratamiento con el fin de proteger el medio ambiente cada vez es más rígida, por este motivo, las industrias buscan una gestión viable para el tratamiento de residuos inmersos en dicha normativa (Gutiérrez,2011).

### **Problemática**

Actualmente el sistema hidropónico convencional ha logrado elevados estándares comerciales en diversos cultivos debido a varias razones como la carencia de espacios apropiados debido a las dimensiones necesarias en base al tipo de cultivo y los posibles riesgos de contaminación con microorganismos provenientes de la tierra o aguas residuales que afectan directamente a la calidad del producto. Además, la elevada tasa de productividad por hectárea, la facilidad de implementación de un sistema hidropónico, el sencillo manejo que conlleva la producción en un sistema convencional en comparación a la que brinda el sistema tradicional en suelo, se han convertido en los factores principales para que el mercado de producción hidropónica este en acrecentamiento (Gutiérrez,2011).

En el Ecuador los niveles de desperdicio de agua para riego en cultivos con sistemas tradicionales en escala de producción comercial, llega hasta un 70%

aproximadamente (MAGAP, 2013). Diversas campañas hacen referencia a la concientización del desperdicio de agua en este tipo de cultivos, generado que los agricultores tengan un inadecuado uso de otras fuentes hídricas como aguas residuales de sequias contaminadas con químicos y microorganismos patógenos, dicho uso inadecuado afecta directamente a los productos obtenidos del cultivo degradando la calidad del mismo y la de los suelos donde se producen.

Se puede evidenciar en varias zonas del país la contaminación en suelos de producción en escala comercial debido al uso innecesario de fertilizantes sintéticos, pesticidas como un método de prevención y control a los diferentes antagonistas del cultivo como la maleza, las plagas y las enfermedades potenciales. Además, se debe tener muy en cuenta que el uso inadecuado de estos productos se expresa en padecimientos crónicos y agudos en unos posibles consumidores.

En los sistemas hidropónicos convencionales ya sea raíz flotante o Nutrient Film Technique (NFT) los soportes utilizados son a base del poliestireno expandido (EPS), dicho material una vez terminado su ciclo dentro del cultivo genera grandes volúmenes de contaminación al medioambiente ya que es un material propenso a ser desechado sin un proceso de reciclable en las industrias.

## **Justificación**

El aumento de la demanda y la baja productividad por hectárea debido a la falta de espacios y suelos adecuados para la explotación de cultivos en conjunto con el uso inadecuado de las fuentes hídricas para el riego de los cultivos tradicionales. Se propone un sistema hidropónico para producción de hortalizas con materiales flotantes en base a residuos de las empresas agroindustriales usados como soporte de la planta. Debido a que la mayor parte de sistemas hidropónicos se maneja con EPS como material flotante en el cual reposa la

planta durante su ciclo de producción hasta la cosecha donde tiene que ser descartado generando contaminación en el medioambiente, se establece una iniciativa productiva que sea biodegradable para su posterior uso en campo, y pueda ser utilizado en los agricultores tanto a una escala comercial como de autoabastecimiento.

Los soportes con materiales alternativos al poliestireno expandido son elaborados con la finalidad de ser biodegradables y que tengan un segundo propósito una vez terminado su ciclo de producción en el sistema hidropónico, es decir los soportes alternativos que se encuentren en mal estado se los podrán ocupar en cultivos tradicionales como abono para la tierra debido a sus elementos orgánicos utilizados para su manufactura, de esta forma se genera menor contaminación ambiental y se aprovecha los residuos agroindustriales de varias industrias.

Los sistemas hidropónicos consisten en obtener productos de cultivos que se encuentran en un medio sin tierra. Es decir, el cultivo necesita los nutrientes y humedad que un sustrato estéril le pueda brindar generando un soporte adecuado para su desarrollo y cumpliendo con sus requerimientos. Además, con los sistemas hidropónicos se minimiza los niveles de contaminación de microorganismos rastreros, y se busca generar mayor productividad con cultivos precoces aumentando el rendimiento por hectárea en comparación a un sistema tradicional, así mismo se reduce en gran proporción el mal uso de fuentes hídricas debido a que estas soluciones pueden ser recirculadas en el sistema hidropónico, ya que el manejo del sistema hidropónico es sencillo de ejecutarlo favorece para llevar un monitoreo constante y eficaz con resultados óptimos en el cultivo.

Finalmente, cuando se añade nutrientes o agua a la tierra a menudo tiende a lixiviar y movilizarse por todo el suelo es por este motivo que el cultivo gasta mayor cantidad de recursos para satisfacer sus necesidades lo cual en un sistema hidropónico se puede suministrar dosis exactas dependiendo del cultivo y el estadio en el que se encuentre.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las características agronómicas y organolépticas en lechuga Black Seed Simpson en hidroponía a raíz desnuda con materiales de soporte alternativos y un testigo.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las características agronómicas de la lechuga procedente del sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo.
- Comparar las características agronómicas de la lechuga procedente del sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo.
- Evaluar la contaminación de la lechuga procedente del sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo durante el ciclo del cultivo.
- Evaluar la contaminación de los soportes utilizados en sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo durante el ciclo del cultivo.
- Realizar una evaluación hedónica de la lechuga procedente del sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo.

## Hipótesis

### Hipótesis General

**H0.** Los sistemas de producción hidropónica con materiales de soporte alternativos no tienen incidencia en las características agronómicas y organolépticas de la variedad de lechuga Black Seed Simpson en comparación al sistema hidropónico convencional.

**H1.** Los sistemas de producción hidropónica con materiales de soporte alternativos si tienen incidencia en las características agronómicas y organolépticas de la variedad de lechuga Black Seed Simpson en comparación al sistema hidropónico convencional.

## 1. CAPÍTULO MARCO TEÓRICO

### 1.1. Cultivo de lechuga

La lechuga o por su nombre científico *Lactuca sativa L.* pertenece a la familia Compositae y al género Lactuca. La lechuga se encuentra dentro de los cuatro vegetales principales con gran importancia en el cultivo con sistema hidropónico, ya que tiene mayores rendimientos en comparación al sistema tradicional en tierra. Es una hortaliza que contiene niveles bajos de calorías con altos niveles de vitamina C, vitamina A, y vitamina B9 (Birgi, 2015).

#### 1.1.1. Requerimientos edafoclimáticos de la lechuga.

Son las características necesarias en el medio ambiente para que se logre desarrollar un cultivo de manera óptima de tal forma que se pueda obtener una mayor productividad. Principalmente nos describe el tipo de suelo y clima en cada etapa del cultivo (Infoagro, 2016).

#### **1.1.1.1. Temperatura.**

La temperatura para una apropiada germinación se encuentra alrededor de los (18 hasta 20) °C, mientras que en el periodo de desarrollo y crecimiento de la hortaliza se necesita de temperaturas alrededor de los (14 hasta 18) °C por el día y por la noche se encuentra rodeando temperaturas hasta de 28 °C, en el periodo de acogollado el cultivo necesita temperaturas alrededor de los 12 °C por el día y 5 °C por la noche (Infoagro, 2016).

Este tipo de hortaliza resiste temperaturas entre los (3-30) °C como mínimo y máximo respectivamente. Es importante recalcar en el momento que la lechuga soporta bajas temperaturas por periodos de tiempo muy amplios, llegan a tomar una coloración rojiza en sus hojas que se puede llegar a confundir con la carencia de algún macronutriente o micronutriente (Infoagro, 2016).

#### **1.1.1.2. Humedad relativa.**

La raíz en la lechuga es de menor tamaño en comparación a la parte superior del cultivo, debido a esta razón se vuelve muy sensible a la carencia de agua en el sustrato lo cual provoca un estrés hídrico por la carencia de humedad en dicho sustrato. El cultivo se encuentra en óptimas condiciones dentro de una humedad relativa del (60-80) %, por otro lado, el problema más importante que presenta el cultivo en invernadero se refiere a que la humedad ambiental aumenta significativamente lo cual provoca pudriciones en la raíz, por tal motivo es recomendable cultivarlo al aire libre, siempre y cuando las condiciones climatológicas sean las adecuadas (Infoagro, 2016).

#### **1.1.1.3. Suelo.**

Los suelos en los que se adaptan de mejor manera los cultivos de lechuga son de características arenosas limosas, con drenaje de buena calidad que se encuentre entre un Ph de 6,7 y 7,4 (Infoagro, 2016).

El cultivo de lechuga es muy sensible a la deficiencia de humedad en el suelo sin embargo es necesario y beneficioso que la parte superior del suelo se

encuentre relativamente seca debido a que se puede evitar pudrición a nivel del cuello de la planta (Infoagro, 2016).

### **1.1.2. Densidad de siembra de la lechuga**

El Ecuador tiene aproximadamente 1.145 hectáreas cultivadas de lechuga con un rendimiento promedio entre los 7.928 kg/ha, de este volumen cerca del 70% es de la variedad nacional, y el 30% son de distintas variedades como la black seed simpson, salad etc. según la entidad gubernamental del Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2013). En el Ecuador la provincia con mayor producción a nivel nacional es Cotopaxi con 481 hectáreas, seguida de Tungurahua 325 hectáreas y Carchi 96 hectáreas (MAGAP, 2013).

Las diferentes variedades se encuentran distribuidos en los valles de la serranía, sin embargo, cultivar en ciertos lugares con alturas superiores necesitan de mayor inversión debido a que son susceptibles a heladas (MAGAP, 2013).

Para cultivar la lechuga se necesita precipitaciones de 400 a 600 mm durante el ciclo de cultivo, de igual manera necesita luminosidad durante 12 horas diarias y temperaturas entre (12 y 18) °C (MAGAP, 2013).

### **1.1.3. Características fisiológicas de la lechuga**

#### **1.1.3.1. Raíz**

Es pivotante con varias ramificaciones en toda su estructura, además tiene un promedio de 22 cm de largo y puede llegar a pesar entre (15 y 20) % del peso total (Infoagro, 2016).



*Figura 1* Raíz de lechuga (B)

Tomado de (Avila, 2015)

### 1.1.3.2. Tallo

Es de forma cilíndrica con diámetro promedio entre (3 y 4) cm (Infoagro, 2016).



*Figura 2* Tallo de lechuga (A)

Tomado de (Avila, 2015)

### 1.1.3.3. Hojas

Están colocadas en forma de rosa, desplegadas, en algunas variedades permanecen con esta característica durante todo su ciclo, y en otras variedades se acogollan. El borde de las hojas puede ser aserrado, ondulado o liso dependiendo de la variedad (Infoagro, 2016).



*Figura 3* Hojas de lechuga

Tomado de (Avila, 2015)

#### **1.1.4. Características agronómicas de la lechuga.**

Son las propiedades que describen las particularidades durante todo el ciclo de producción del cultivo en general desde la siembra en semillero hasta la cosecha del cultivo para evaluar pesos, contaminación, tiempos de ciclos, etc.

##### **1.1.4.1. Incidencia de enfermedades.**

La incidencia registra el porcentaje de platas que se han contaminado con alguna enfermedad o plaga a lo largo de la producción del cultivo desde el trasplante al sistema hidropónico hasta el día de su cosecha.

##### **1.1.4.2. Porcentaje de mortalidad.**

La mortalidad refleja el porcentaje de plantas que se perdieron en el transcurso del cultivo desde el trasplante al sistema hidropónico hasta el día de su cosecha.

##### **1.1.4.3. Madurez comercial.**

La madurez registra el tiempo que tarda el cultivo desde el trasplante al sistema hidropónico hasta el día de su cosecha, entendiendo que el producto está listo para su comercialización.

##### **1.1.4.4. Peso del tallo y raíz.**

El peso del tallo y raíz evidencia el peso ganado en gramos desde el trasplante al sistema hidropónico hasta el día de su cosecha, tomando de muestra desde la parte superior del tallo y raíz de la planta.

##### **1.1.4.5. Peso en fresco (parte aérea).**

El peso en fresco es indicador en gramos del peso ganado durante el proceso de producción desde el trasplante al sistema hidropónico hasta el día de su cosecha, tomado en cuenta únicamente la parte aérea de la planta.

### **1.1.5. Características organolépticas de la lechuga**

Son las propiedades que describen las particularidades físicas que tiene un elemento en general.

#### **1.1.5.1. Color**

Es la impresión producida por un tono de luz receptada en la retina del ojo por los fotorreceptores dependiendo de las longitudes de onda.

#### **1.1.5.2. Olor**

Es la sensación resultado del estímulo sensorial olfativo producida por una mezcla de gases y vapores.

#### **1.1.5.3. Sabor**

Es la impresión detectada por el gusto y generada por una sustancia, está ligado al olor de tal forma que el 60 % de lo que se revela como sabor es debido a la sensación del olor.

#### **1.1.5.4. Textura**

Es una sensación resultado del estímulo táctil y auditivo que es provocado al palpar una superficie que se desee evaluar.

### **1.1.6. Composición Nutricional de la lechuga**

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, sin embargo, sus hojas son ricas en vitamina C siendo las exteriores de mayor contenido a las interiores (Greenfield y Southgate, 2003).

Tabla 1

*Tabla nutricional de lechuga por 100g de porción comestible*

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	18 kcal
Agua	94 g
Proteína	1.30 g
Grasa	0.30 g
Cenizas	0.90 g
Carbohidratos	3.50 g
Fibra	1.9 g
Calcio	68 mg
Hierro	1.40 mg
Fósforo	25 mg
Vitamina C	18 mg

Adaptado de (Greenfield y Southgate, 2003).

La producción de lechuga hidropónica es destinada a un segmento gourmet, este producto se ha convertido fundamental en este nicho de mercado por su aprobación. En la actualidad el cultivo de lechuga se ha intensificado llevándolo a implementar invernaderos enfocados en la exportación para épocas de mayor demanda del producto (Solagro, 2006).

## **1.2. Cultivo sin suelo.**

En la actualidad se maneja un sin número de técnicas basadas en la tecnología para facilitar el cultivo de hortalizas a escala comercial, el término sin suelo hace referencia a todas las formas posibles de cultivo donde no interviene la

tierra además de utilizar el agua como medio de transporte de los nutrientes que absorben las plantas. Este tipo de producciones vienen acompañadas de varias investigaciones con el fin de obtener una producción de un cultivo precoz con la preparación de diversos sistemas característicos por el volumen y particularidad de suministrar los nutrientes en conductos hídricos de manera automática en base a la necesidad del mismo (Lacarra et al., 2011).

### **1.2.1. Hidroponía**

Las técnicas para cultivos hidropónicos se originaron a finales de 1920, mientras que los avances para generar una producción a escala comercial llegó 20 años más tarde en la década de 1940 (Bouchar, 1998). Hoy en día la mayor parte de sistemas hidropónicos son automatizados de tal forma que se puede controlar efectivamente las cantidades tanto de agua como de nutrientes a suministrar de igual manera el tiempo de iluminación dependiendo de los requerimientos de los diferentes cultivos (HOCHMUTH y HOCHMUTH, 2011).

Se pueden seleccionar distintos medios como sustrato ya sean naturales o artificiales lo cual repercutirá en los tamaños de partículas, penetrabilidad, cada sustrato afectada directamente a las raíces de las plantas de una manera diferente por factores como la capacidad de retención de agua (Asao et al., 1999). La selección de un sustrato como medio dependerá del tipo de cultivo y sistema hidropónico que se empleará (Jones, 1997).

Los sistemas hidropónicos aseguran varios beneficios para quien los usa como: la reutilización de soluciones, facilidad de monitoreo para control de enfermedades y plagas (Lommen, 2007 y Molitor, 1990). Ya que los diferentes sistemas hidropónicos son capaces de tener mayor productividad con calidad la oferta y demanda de los mismos han aumentado a nivel mundial (Brentlinger de 2007 y Van Patten, 2011).

China y Estados Unidos son los principales productores de información sobre nuevos sistemas o recursos tecnológicos para implementar en cultivos hidropónicos con la finalidad de fomentar el crecimiento, generar cultivos

precoces, aumenta la calidad del producto final, manejo de nutrientes, sistemas de control para enfermedades y patógenos etc. (Carruthers, 2002).

#### 1.2.1.1. Sistema hidropónico de lechuga para producción comercial

Existen varios sistemas de producción como el NFT, raíz flotante utilizados para la producción de lechugas sin embargo el más común se describirá a continuación de igual forma que el sistema al que se ajustará la investigación (Palomino, 2008).

##### - NFT

El sistema consta en la recirculación continua de la solución de nutrientes en volúmenes pequeños de tal forma que este oxigena y la planta pueda absorber continuamente los nutrientes necesarios. Su diseño se lo puede observar en la siguiente imagen (Palomino, 2008).

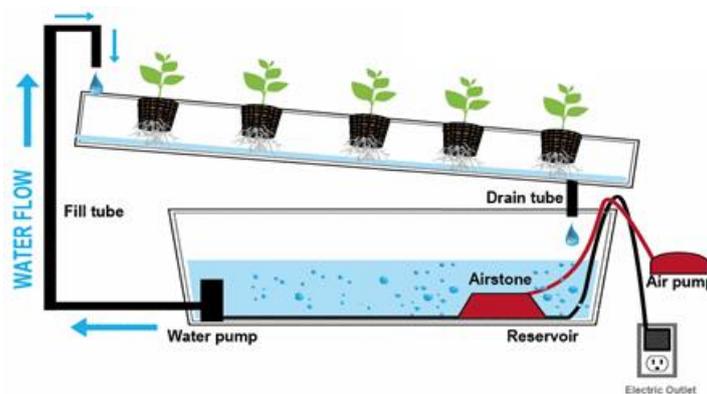


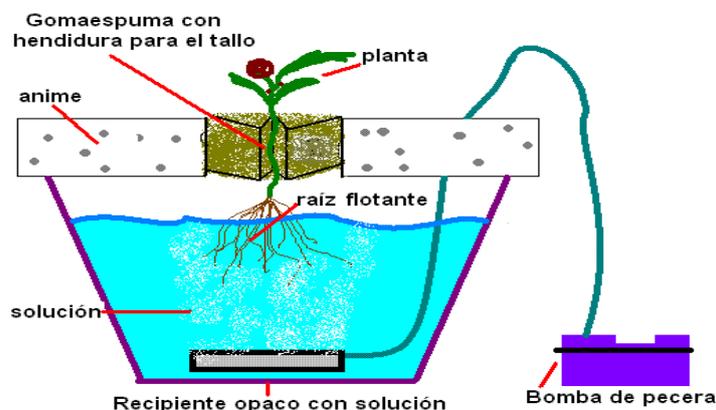
Figura 4 Sistema hidropónico NFT

Tomado de (Hydroponicsfarm, 2015)

##### - Raíz desnuda

Este sistema consiste básicamente en el desarrollo del cultivo sobre superficies de extenso tamaño que se mantienen flotando sujetas a un soporte sobre recipientes con solución nutritiva la cual es oxigenada frecuentemente. De esta forma permite la obtención de una producción automatizada, y si se cuenta con

ajustes necesarios los cuidados serán mínimos. Es así que se obtiene mayor productividad con un cultivo precoz (Palomino, 2008).



*Figura 5* Sistema hidropónico raíz flotante

Tomado de (Hydroenv, 2015)

### 1.2.2. Proceso de manufactura hidropónica de lechuga.

El proceso para la producción de lechuga hidropónica tiene una serie de pasos que se describe a continuación (Palomino, 2008).

#### 1.2.2.1. Selección de la variedad

Para seleccionar una variedad dependerá de las condiciones edafoclimáticas que se tenga en la zona de cultivo, plagas, enfermedades y el tipo de mercado al que se pretende introducir el producto (Palomino, 2008).

#### 1.2.2.2. Producción de plántulas

Es la etapa previa para realizar el trasplante al sistema hidropónico donde se procederá con la producción final. Esta actividad se la realiza en semillero para seleccionar las mejores plántulas y trasplantarlas (Palomino, 2008).

#### - **Germinación de semilla**

La semilla de lechuga es extremadamente delicada a la variación climática, por esta razón se la realiza en sustratos como: peatlite, rockwool y oasis los cuales vienen con sus especificaciones de uso para tener una óptima germinación. Una vez germinada a semilla se la pasa al invernadero en temperaturas alrededor de los (15- 18) °C. Este proceso se demora aproximadamente 2 días (Palomino, 2008).

#### - **Obtención de Plántulas**

Se debe mantener a temperaturas entre (18 – 21) °C durante el día mientras que en la noche se lo debe mantener a temperaturas entre (13 – 16) °C, la humedad relativa optima se encuentra entre (60 – 80) %. Este proceso se demora aproximadamente 16 días (Palomino, 2008).

#### **1.2.2.3. Trasplante**

Las plántulas de lechuga están listas para su trasplante cuando tienen entre 2 y 3 hojas aproximadamente 16 días, este proceso debe ser cuidadosamente realizado para garantizar la inocuidad del sistema al que se va a trasplantar y evitar cualquier contaminación de las demás plantas en el cultivo (Palomino, 2008).

#### **1.2.2.4. Solución nutritiva en hidroponía**

Una solución correctamente formulada provee de todos los nutrientes necesarios para la producción del cultivo, dicha formulación de la solución dependerá de la temperatura, duración del día y la luz solar, siendo así que durante el verano las plantas consumen mayor cantidad de nitrógeno mientras que en condiciones con baja cantidad de iluminación se debe reducir la dosis de potasio y nitrógeno (Palomino, 2008).

La formulación se la realiza a partir de dos soluciones concertadas la primera con (fosfato de amonio, nitrato de calcio, nitrato de potasio) y la segunda con (sulfato de magnesio, sulfato de cobre, sulfato de manganeso, sulfato de zinc, ácido bórico, molibdato de amonio) dicha solución para ser introducidas en el sistema hidropónico de lechuga tiene una concentración de (5cc – 2cc) respectivamente en 1litro e agua (Palomino, 2008).

### **1.3. Residuos en la manufactura Agroindustrial**

Los residuos de las plantas con procesos agroindustrial se han incrementado conforme la producción va elevando a nivel nacional de tal forma que según estadísticas del BID (Banco Internacional de Desarrollo) en el Ecuador se generan 4,1 millones toneladas al año de restos sólidos, de los cuales aproximadamente más de 1,5 millones toneladas al año son potencialmente reciclables, sin embargo, únicamente se aprovecha un 24% (España, 2017). Por esta razón se busca crear procesos o un medio fuera de la organización por el cual dicho material sirva como materia prima para la obtención de un producto que sea de utilidad y beneficio en la cadena de producción.

#### **1.3.1. Industria extractora de aceite de palma**

Aproximadamente el 89% de la producción se encuentra ubicada en 3 localidades de Asia que son Indonesia, Malasia y Tailandia. En la región Sur de América se encuentra Colombia que representa el 2% de la producción mundial. Ecuador se encuentra representando el 9% de producción conjuntamente con 39 países más a nivel mundial, de tal forma que es el sexto mayor productor a nivel mundial (MAGAP, 2013).

#### **1.3.2. Superficie, producción y rendimientos de palma africana en el Ecuador**

La provincia con mayor producción a nivel nacional es la de Esmeraldas siendo el 50.73% del total nacional seguido por las provincias de Los Ríos, Santo

Domingo de los Tsáchilas, Sucumbíos, Orellana entre otras. El año 2015 en comparación al 2014, la producción nacional de palma africana en el Ecuador aumentó en 20% (Tm). El año pasado los números descienden en 25% (Tm) en comparación al 2015 (INEC, 2016)

En la Tabla 2 se puede evidenciar la información sobre superficie sembrada y cosechada en (Ha) además de la producción y ventas en (Tm).

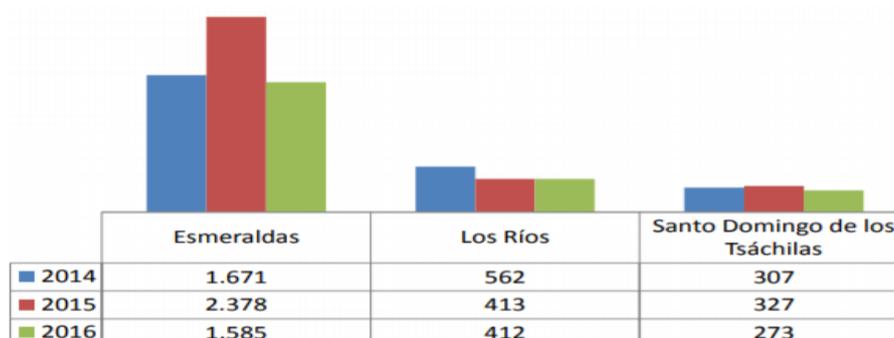
Tabla 2

*Información del cultivo de palma*

<b>Nacional</b>				
<b>Año</b>	<b>Superficie (Ha)</b>		<b>Producción (Tm)</b>	<b>Ventas (Tm)</b>
	<b>Plantada</b>	<b>Cosechada</b>		
2014	374.878	272.011	3.468.510	3.468.366
2015	369.406	290.343	4.175.659	3.755.115
2016	319.602	319.839	3.124.069	3.124.061

Adaptado de (INEC, 2016)

En la Figura 6 se puede evidenciar la producción de las tres provincias principales en el cultivo de palma africana.



*Figura 6* Producción de palma africana

Tomado de (INEC, 2016)

## **1.4. Contaminación del medio ambiente con espuma flex**

El poliestireno expandido es un material fabricado a nivel mundial por su gran uso en todas las áreas industriales siendo así que se fabrican 288 millones de toneladas anuales con un aumento del 4% anual. Sin embargo, debido al tiempo de degradación los científicos se ven obligados a buscar innovadores materiales con similares características pero que sean de rápida degradación es decir la fabricación a partir de materiales orgánicos (BBC, 2013)

### **1.4.1. Tipos de materiales alternativos a la espuma flex**

Científicos alrededor del mundo buscan la forma para desarrollar materiales que causen menor efecto dañino al medio ambiente. Existen varias ideas y prototipos a nivel mundial de las cuales se va hacer referencia a los 3 con mayor relevancia (BBC, 2013).

#### **1.4.1.1. Plástico cultivado a partir de hongos**

En Nueva York - EEUU, Eben Bayer y Sam Harrington desarrollan un material muy similar al poliestireno a partir de los residuos de la agricultura y hongos. El proceso es relativamente sencillo cultivar hongos, dotándolos de material orgánico de la agricultura (lignina, celulosa), moldeándolos en el proceso para dar la forma que se necesite. Una vez terminado su ciclo de uso el material es biodegradable y se lo puede usar como abono en los agricultores, ya que el poliestireno ocupa aproximadamente un 30% de los basureros en EEUU, podría llegar a ser un gran impacto ambiental (BBC, 2013).

#### **1.4.1.2. Vasos desechables de seda y camarones**

Javier Fernández se encuentra en la Universidad de Harvard - EEUU es parte del área científica de materiales, ha diseñado un material parecido a plástico traslúcido. El nuevo material es llamado shrilk es fabricado a partir de polisacáridos de la parte dura del camarón y se lo combina con la proteína de

la seda. En el laboratorio de la universidad se realizaron estudios sobre las características para comparar el nuevo material con el plástico llegando a la siguiente conclusión, el shrilk es más duro que el plástico y se lo puede moldear en la forma deseada, con la ventaja de que es biodegradable (BBC, 2013).

#### **1.4.1.3. Plástico a partir de papas**

En Reino Unido se encuentra la universidad de Leeds, Se realiza una investigación para producir plástico a partir de papas. El investigador Jurgen Denecke usa la materia prima (papa) para fermentar el almidón obteniendo alcohol y proteína. El demuestra que con 2 kg de papas se obtiene 1lt de etanol y pulpa de membrana. La pulpa es una resina compuesta la cual cuando se comprime con calor y presión llega a tomar el aspecto de plástico. Esta resina, se encuentra en estado de experimentación. Sin embargo, tiene gran potencial debido a que el etanol obtenido de la papa al deshidratarlo en etileno, puede servir como base para la fabricación de tipos de plásticos, como el polietileno, al obtenerlos a partir del etanol que proviene de las papas, entonces se obtiene un plástico biodegradable (BBC, 2013).

#### **1.4.1.4. Aglomerado**

Es un material elaborado a partir de fibras secas con la adición de aglutinantes prensados y secados para diferentes usos en la industria. Este material puede tomar diferentes densidades dependiendo de las materias primas que se usen para su fabricación. (Contreras, Owen, Garay, & Contreras, 1999).

##### **- Fibra de palma aceitera**

La fibra de palma aceitera es un desperdicio en la industria agroindustrial, producto de la extracción del aceite del mesocarpio y alpiste del endocarpio. Se ha buscado varias formas para aprovechar este insumo siendo la elaboración de carbono activado usado en la purificación de agua.

En la Tabla 3 se puede evidenciar la estructura química de la fibra de palma aceitera.

Tabla 3

*Composición química de la fibra de palma aceitera*

<b>Componente</b>	<b>% presente</b>
Celulosa	69.84
Lignina	16.45
Grasas, ceras y resinas	6.48
Cenizas	4.25
Pentosanos	4.22

Tomado de (Escuela Politécnica Nacional; 2012)

**- Aglutinante de arrocillo**

Para que el almidón del arrocillo pueda ser utilizado como aglutinante en la elaboración de aglomerados se debe realizar una hidratación para modificar los niveles de agua y temperatura a la vez, de tal forma que se obtiene una pasta donde el almidón se expande y la amilosa se disuelve generando viscosidad y maleabilidad en el producto hasta que la temperatura ambiente donde se solidifica (Tamayo, Sarasty, Mosquera, 2017). Cabe recalcar que la característica gelificante se da por los sólidos hidrosolubles presentes en la materia prima entre mayor cantidad de sólidos hidrosolubles mayor poder gelificante (Tamayo, Sarasty, Mosquera, 2017).

**- Cera de abeja**

Principalmente es elaborada por abejas jóvenes a partir de la miel recogida por gotas con sus mandíbulas y adheridas al panel con un adhesivo segregado de ellas mismo. Aproximadamente una abeja consume entre 8 kg de miel para

producir 1 kg de cera. Es usado para la elaboración de sus panales, y es retirada en base al calor para el uso industrial y otros. La cera de abeja tiene un color blanquecino y de aspecto solido brillante a temperatura ambiente, se funde a 63 °C aproximadamente (Mota, 2014).

En la Tabla 4 se puede evidenciar los componentes de la cera de abeja.

Tabla 4

*Componentes químicos de la cera de abeja*

<b>Componente</b>	<b>%</b>	<b>Componente</b>	<b>%</b>
Monoésteres	35	Triésteres	3
Hidrocarburos	14	Ácidos poliestéricos	2
Diésteres	14	Ácidos estéricos	1
Ácidos libres	12	Alcoholes libres	1
Hidróxido poliésteres	8	Hidróxido monoésteres	4

Tomado de (Mota, 2014)

**- Cera de carnauba**

Es una materia prima resinosa natural obtenida de la palma (*Copernicia Cerífera*) es usada en la industria por su alto grado de refinamiento. La recolección de la cera se la realiza en épocas secas donde se cortan las hojas de la palma periódicamente para seguir con el proceso (ALMON, 2015).

En la Tabla 5 podemos evidenciar sus características

Tabla 5

*Componentes químicos de la cera carnauba*

<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>
Acidos grasos	85 %
Alcoholes grasos	10 %
Acidos	3%
Hidrocarbonos	3%

Tomado de (ALMON, 2015)

## 2. CAPITULO II METODOLOGÍA

### 2.1. Métodos

#### 2.1.1. Localización del estudio

En la Tabla 6 se muestra las características relevantes del sitio donde se llevará a cabo la parte experimental del proyecto a realizar.

Tabla 6

*Características del lugar*

<b>Provincia</b>	Pichincha	<b>Temperatura</b>	(8-19)°C	<b>Latitud</b>	0.3713991
<b>Localidad</b>	Sangolquí	<b>Altitud</b>	2500 m s. n. m.	<b>Longitud</b>	-78.4192925,3

#### 2.1.2. Elaboración y evaluación del material flotante a utilizar en los sistemas hidropónicos del proyecto

Para la elaboración del material flotante se realiza varias formulaciones que se pueden observar en la Tabla 7 con la finalidad de seleccionar la mejor de estas

en base a pruebas físicas de dureza y flexión que se realiza en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca.

Tabla 7

*Formulaciones para el material flotante*

# Material flotante	Material flotante en base a fibra de palma	
	% de fibra	% de aglutinante
1	50	50
2	60	40
3	70	30

#### 2.1.2.1. Materiales.

- Fibra de palma
- Aglutinante (arrocillo)
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Moldes
- Estufa
- Cera de abeja
- Cera de carnauba

#### 2.1.2.2. Diagrama secado de fibra de palma

Los residuos agroindustriales de la industria de palma aceitera son receptados e inmediatamente pasan al proceso de secado donde se elimina gran parte de la humedad para realizar un aglomerado a continuación se describe en el diagrama de flujo el proceso para 5 kg de residuos agroindustriales de palma aceitera.

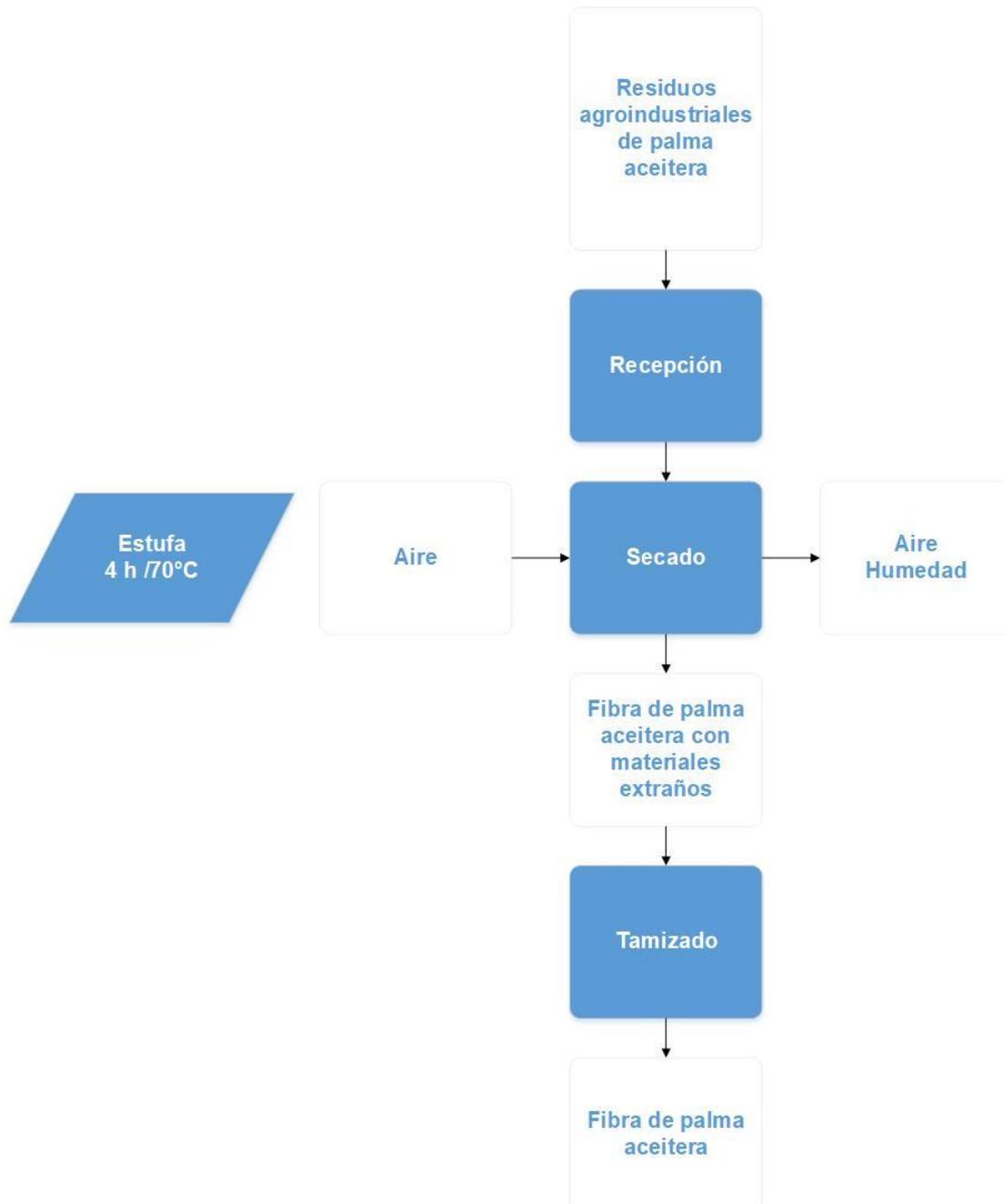


Figura 7 Diagrama de flujo secado de fibra de palma

### 2.1.2.3. Diagrama elaboración de aglutinante

El arcillo es usado como aglutinante para la elaboración del material flotante luego de pasar por el proceso de cocción donde sufre cambios en su estructura para facilitar su maleabilidad y formar una masa homogénea con los demás insumos.

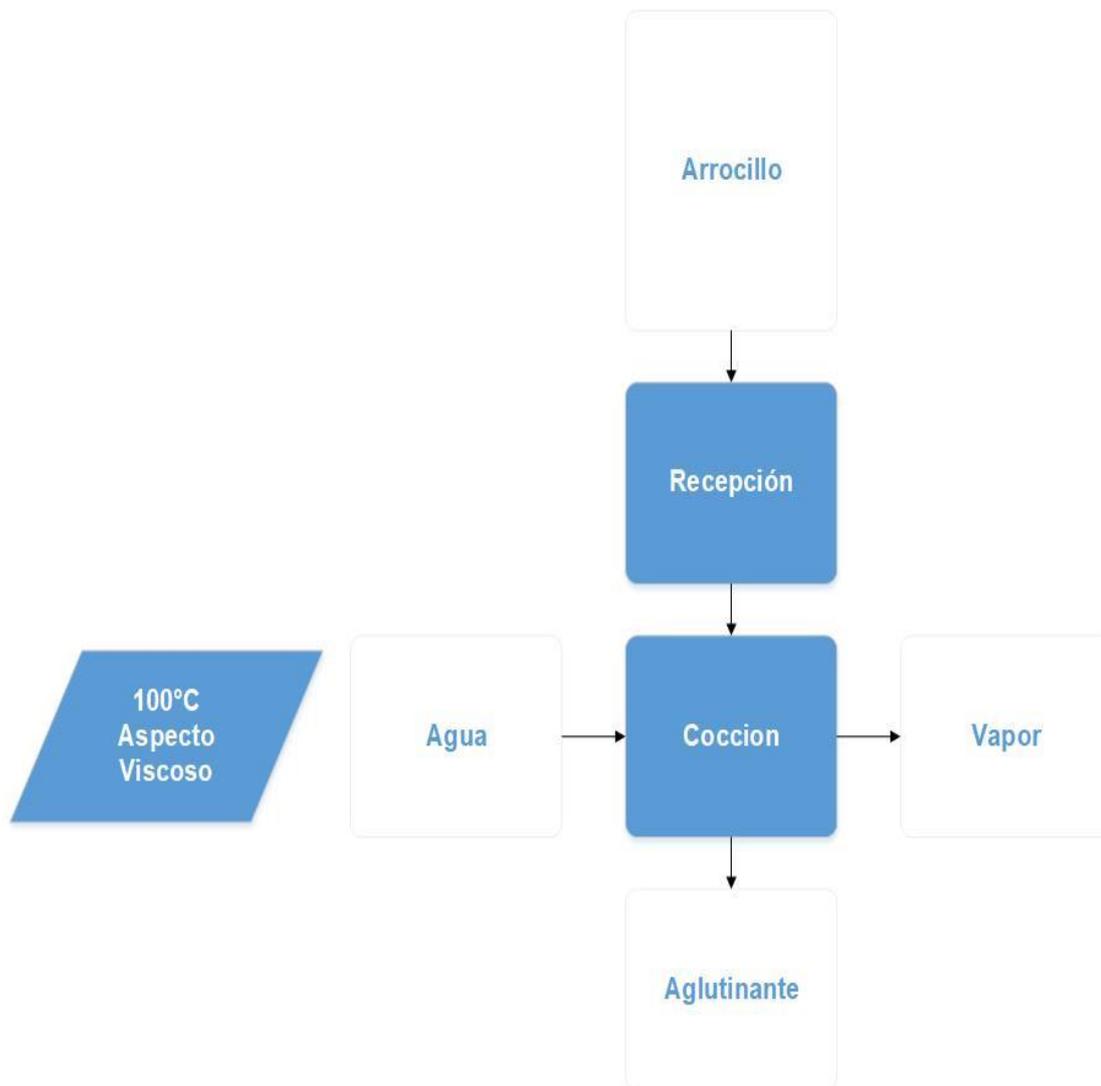


Figura 8 Diagrama de flujo elaboración de aglutinante

#### 2.1.2.4. Diagrama elaboración material flotante 200 g composición (60% fibra / 40% Aglutinante)

Se recibe toda la materia prima proveniente de los procesos anteriores como la fibra de palma y el aglutinante de arrozillo para proceder con la mezcla del sulfato de cobre y formar una mezcla homogénea, dicha mezcla homogénea es moldeada y pasa al proceso de secado una vez terminado este proceso se lo recubre con el tipo de cera requerido para formar una capa impermeable y pasa al proceso de secado finalmente se obtiene el material flotante que será utilizado para las pruebas en campo.

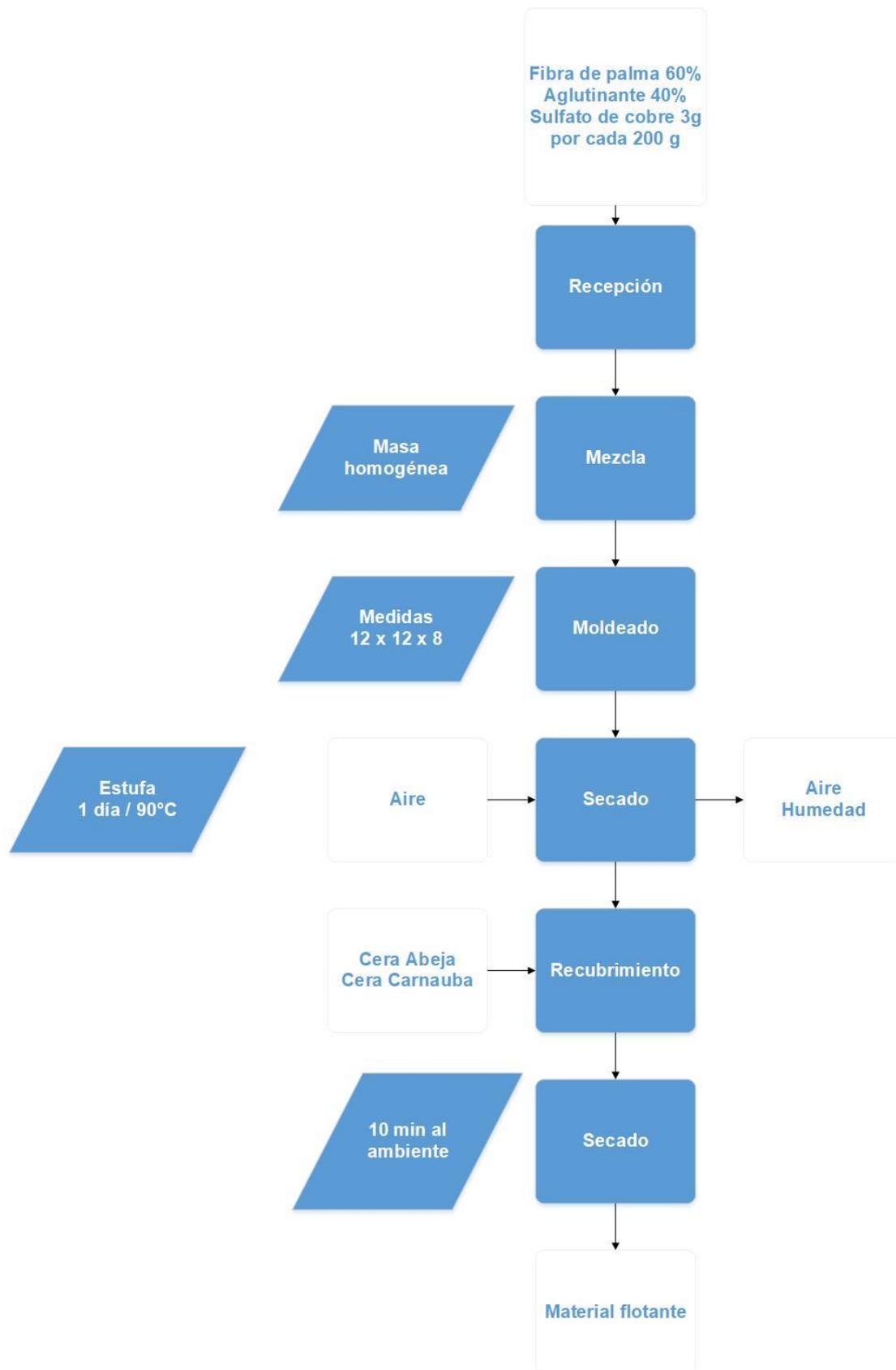


Figura 9 Diagrama de flujo elaboración material flotante

### 2.1.3. Determinación de las características agronómicas de la lechuga

Se realiza una investigación en base a literatura de varios autores para establecer las características agronómicas relevantes para el proyecto a realizar en un cultivo de lechuga hidropónico que permita evaluar a los sistemas propuestos en comparación a un testigo de uso comercial.

### 2.1.4. Comparación de las características agronómicas de la lechuga

Se realiza el seguimiento por medio de un libro de campo para llevar una estadística de la incidencia de las cualidades agronómicas en el cultivo hidropónico semana tras semana en base a la Tabla 7 presentada a continuación.

Tabla 8

*Ficha de control semanal*

Ficha de control		Semana N° -		
Variables				
Tratamiento	Raíz (g) 0-50 días	Hojas(g) 0-50 días	Contaminación 15-25-50 días	Mortalidad (%) semanal
TPA				
TPC				
TTE				

### 2.1.5. Evaluación de la contaminación en base a análisis microbiológicos en muestras de soportes y lechugas de los sistemas hidropónicos

Para realizar los análisis microbiológicos se planifico la fecha de reserva del laboratorio de la Facultas de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias tanto para el día 0, día 25, y día 50.

#### **2.1.5.1. Toma de muestra soportes día 0, día 25, día 50**

Se realizó la toma de muestra de cada uno de los soportes en los distintos tratamientos con hisopos estériles de 1 ml Qswab de Lethen, cada sistema hidropónico tiene doce soportes y dos repeticiones con un total de veinte y cuatro soportes por tratamiento. Los resultados obtenidos son promediados para ser analizados en el programa Infostat.

#### **2.1.5.2. Toma de muestra lechuga día 50**

Se realizó la toma de muestra al día 50 de cada una de las lechugas obtenidas del experimento en fundas estériles para en el laboratorio preparar la muestra con agua de peptona bufferada en cantidades 1-9 respectivamente, cada sistema hidropónico tiene doce muestras y dos repeticiones con un total de veinte y cuatro lechugas por tratamiento. Los resultados obtenidos son promediados para ser analizados en el programa Infostat

#### **2.1.5.3. Siembra en placas Compact Dry**

Las placas Compact Dry son placas cromogénicas que permiten la recuperación de microorganismos para un recuento microbiológico de las muestras a analizar, dependiendo de microorganismo que se desee recupera aplicaremos un tipo de placa diferente. Se realizaron análisis microbiológico de E-coli, Coliformes, Aerobio totales, Mohos, y Levaduras.

##### **- Placas Compact Dry EC (E-coli y Coliformes)**

Para el análisis de Coliformes totales se usaron placas Compact Dry EC de la marca HyServe, dicha placa cromogenica puede diferenciar entre Coliformes y E-Coli. Los sustratos cromógenos enzimáticos: Magenta-GAL y X-Gluc. permiten que los microorganismos tomen distinta coloración sienta identificadas las colonias de color rojo como Coliformes y las colonias de color azul como E-

coli la suma de las dos partes es el recuento total de Coliformes. La lectura para el recuento de microorganismo se la debe realizar en 24 horas.

- **Placas Compact Dry TC (Aerobios Totales)**

Para el análisis de Aerobios Totales se usaron placas Compact Dry TC de la marca HyServe, dicha placa contiene agar de cultivo estándar el cual permite realizar un recuento total, además, utilizando la sal de tetrazolio como indicador redox, las colonias de microorganismos se presentan en color rojo, de tal manera que se puede distinguir posibles residuos de las muestras. La lectura para el recuento de microorganismo se la debe realizar en 48 horas.

- **Placas Compact Dry YM (Mohos y Levaduras)**

Para el análisis de Mohos y Levaduras se usaron placas Compact Dry YM de la marca HyServe, dicha placa cromogénica diferencia entre ellos por medio de los sustratos cromógenos: X-Phos tienen una coloración azul característica en todas las levaduras, para diferenciar de los Mohos que toman una forma tridimensional, para inhibir el crecimiento de bacterias se usa antibióticos. La lectura para el recuento de microorganismo se la debe realizar en 5-7 días.

#### **2.1.6. Aplicación de pruebas hedónicas**

Se seleccionó 50 candidatos entre los 20 y 35 años para realizar la evaluación sensorial. Siguiendo los siguientes pasos, primero charla instructiva del protocolo que se diseñó para el desarrollo de la evaluación. Segundo, los individuos debían consumir un cracker (galleta tipo soda) y tomar un sorbo de agua antes de iniciar la evaluación y durante cada tratamiento. Esta prueba fue realizada en un día.

Indique cuanto le gusta la prueba en comparación al testigo escogiendo la frase más apropiada

Muestra A

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho

Testigo

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho

Indique el grado de gusto de las siguientes características de la evaluación en comparación al testigo escogiendo la frase más apropiada

Muestra A

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho
Color						
Olor						
Sabor						
Textura						

Testigo

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho
Color						
Olor						
Sabor						
Textura						

Indique cuanto le gusta la prueba en comparación al testigo escogiendo la frase más apropiada

Muestra B

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho

Testigo

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho

Indique el grado de gusto de las siguientes características de la evaluación en comparación al testigo escogiendo la frase más apropiada

Muestra B

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho
Color						
Olor						
Sabor						
Textura						

Testigo

Me gusta mucho	Me gusta moderadamente	Me gusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me disgusta poco	Me disgusta moderadamente	Me disgusta mucho
Color						
Olor						
Sabor						
Textura						

Figura 10 Encuesta pruebas hedónicas

## 2.1.7. Estadística

### 2.1.7.1. Diseño experimental incidencia en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.

Se realizará un diseño de bloques completamente al azar ( $1 \times 2 + 1$ ) como modelo estadístico para evidenciar si el sistema hidropónico con diferentes materiales de soporte tiene incidencia en las características agronómicas en la variedad de lechuga Black Seed Simpson durante el proceso de experimentación.

#### 2.1.7.1.1. Factores, niveles, repeticiones y cálculo de unidades experimentales en la incidencia de la experimentación en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.

En la Tabla 9 se muestra los factores y niveles del diseño de bloques completamente al azar ( $1 \times 2 + 1$ ) propuesto para realizar el cálculo de unidades experimentales necesarias para el proceso experimental tomando en cuenta un número de repeticiones que permita tener datos relevantes para la consideración del experimento presentes en la Tabla 10, de igual manera en la Tabla 11 se puede observar la matriz de unidades experimentales con repeticiones necesarias en el proyecto a ejecutarse.

Tabla 9

*Factores y niveles DCBA ( $1 \times 2 + 1$ )*

Factores	Niveles	Total
Sustrato	Palma	1
Recubrimiento	Cera Abeja	2

Tabla 10

*Calculo unidades experimentales DCBA (1\*2+1)*

<b>Recubrimiento x Niveles</b>	2
<b>Sustrato x Niveles</b>	1
<b>Testigo</b>	1
<b># Tratamientos</b>	3
<b>U. Experimental</b>	1 Soporte
<b># Repeticiones</b>	2
<b># UE</b>	24

Tabla 11

*Matriz de tratamientos con repeticiones DCBA (1\*2+1)*

<b>Sigla</b>	<b>#</b>	<b>Variedad</b>	<b>Material de soporte</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>de lechuga</b>	
TPA	1	2	Black Seed Simpson Fibra de Palma con recubrimiento de cera de Abeja
TPC	1	2	Black Seed Simpson Fibra de Palma con recubrimiento de cera de Carnauba
TTE	1	2	Black Seed Simpson Espuma flex

#### **2.1.7.1.2. Análisis funcional**

Se utilizó una prueba de tukey con (5%) en caso de tener diferencias estadísticas en el diseño experimental para crear intervalos de confianza entre todas las posibles parejas con las medias de los niveles de los factores.

### 2.1.7.1.3. Variables

En la tabla N°12 se muestran las variables que serán tomadas en cuenta para la incidencia de la experimentación en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.

Tabla 12

*Variables para toma de datos DCBA (1\*2+1)*

	<b>Unidad de medición</b>
<b>Variables</b> Contaminación	%
Mortalidad	%
Peso de raíz	g
Peso en fresco de la lechuga	g

### 2.1.7.2. Diseño de las pruebas hedónicas en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.

Se realizó un análisis sensorial, para determinar cuál de los tratamientos es el de mejor aceptación en comparación al testigo. Por tal motivo se efectuó una evaluación afectiva de aprobación con una escala hedónica de 7 grados donde 1 representa “Me disgusta mucho” y 7 representa “Me gusta mucho”. Los datos obtenidos son analizados en el programa Infostat.

En la tabla N°13 se muestra la escala hedónica para la evaluación sensorial realizada a los dos tratamientos en comparación al testigo.

Tabla 13

*Escala hedónica*

<b>Escala Numérica</b>	<b>Escala Escrita</b>
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente

---

5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

---

#### 2.1.7.2.1. Análisis funcional

Se utilizó una prueba de tukey con (5%) en caso de tener diferencias estadísticas en el diseño experimental para crear intervalos de confianza entre todas las posibles parejas con las medias de los niveles de los factores.

#### 2.1.7.2.2. Variables

En la tabla N°14 se muestran las variables que serán tomadas en cuenta para la incidencia de la experimentación en la variedad de lechuga Black Seed Simpson.

Tabla 14

*Variables para toma de datos DCBA (1\*2+1)*

---



---

<b>Variables</b>	Color
	Olor
	Sabor
	Textura

---

#### 2.1.8. Manejo del experimento

##### 2.1.8.1. Preparación para la siembra

Se implementó una infraestructura adecuada para la elaboración del proyecto e investigación a realizar. A continuación, se implementó un sistema de recirculación para la solución nutritiva entre peceras, la cual debe tener un reflujó

continuo para su correcta oxigenación, de esta solución la lechuga variedad Black Seed Simpson absorbe los nutrientes necesarios para su desarrollo en cada ciclo. Finalmente, se realizaron pruebas para controlar que el sistema funcione adecuadamente.

#### **2.1.8.2. Implementación de testigo**

Se implementó el sistema hidropónico convencional, seguido de la toma de datos para la evaluación tales como el peso de la raíz, peso de parte aérea, tomando de plántulas del mismo lote a las trasplantadas. En el día 0, día 25, día 50 se tomaron datos sobre la contaminación de la planta y soporte de cada una de las unidades experimentales. La mortalidad se llevó en un registro semanal durante el ciclo del cultivo. Finalmente se evaluó la madurez comercial, peso de la raíz, peso de parte aérea para comparaciones con los sistemas hidropónicos propuestos.

#### **2.1.8.3. Implementación sistema hidropónico propuesto**

Se trasplanto las lechugas por un sistema de batch entre los 2 tratamientos y las 2 repeticiones utilizando como soporte el que resulte mejor de la evaluación previa realizada en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca en base a la dureza y flexión de las distintas mezclas, seguido se procedió con la toma de datos para la evaluación tales como el peso de la raíz, peso de parte aérea, tomando de plántulas del mismo lote a las trasplantadas. En el día 0, día 25, día 50 se tomaron datos sobre la contaminación de la planta y soporte de cada una de las unidades experimentales. La mortalidad se llevó en un registro semanal durante el ciclo del cultivo. Finalmente se evaluó la madurez comercial, peso de la raíz, peso de parte aérea para comparaciones con el sistema hidropónico testigo.

#### **2.1.8.4. Manejo del sistema hidropónico**

Previo a la siembra se adiciono la solución nutritiva anteriormente elaborada en base a la necesidad del tipo de planta, se debe verifico que la recirculación continua funcione correctamente, para mejorar la oxigenación de la solución se puede adiciono al contenedor matriz una bomba de aire. La solución con nutrientes se la cambio cada 15 días en base al periodo que transcurre la planta ya sea inicial, medio, final. La solución que termino su ciclo en el sistema hidropónico la ocupo para otros cultivos en suelo. Durante la fase de experimentación se llevó a cabo un libro de campo para obtener datos relevantes que sirvieron en los análisis sobre el funcionamiento de los sistemas hidropónicos tanto de los propuestos como el testigo.

### **3. CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1. Evaluación de la dureza y flexión en los materiales flotantes.**

Los resultados de la evaluación de la dureza y flexión realizada a cada tipo de material flotante en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca fueron analizados a continuación en el programa Infostat para obtener el mejor de los tres materiales flotantes con el cual se llevó a cabo la experimentación en campo con los sistemas hidropónicos.

##### **3.1.1. Análisis resultados prueba de dureza.**

Para la prueba de dureza se usa el instrumento llamado durómetro el cual tiene unidades de medida Shore con una escala D debido al tipo de superficie que presenta el material a evaluar.

Se realizó una evaluación con diez repeticiones de cada tipo de material flotante tomando diez mediciones de cada cara obteniendo veinte mediciones por repetición de esa forma para los tres tipos de material flotante, a continuación, se obtiene un promedio por repetición y tipo de material flotante

el cual es insertado en el programa Infostat para obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 15 donde se puede evidenciar que existe una diferencia entre los materiales flotantes con distinto porcentaje de fibra y aglutinante.

Tabla 15

*Análisis de varianza de promedios de dureza*

<b>Análisis de la varianza</b>					
Variable	N	R	Aj	CV	
Dureza shore D	30	0,52	0,23	41,06	
<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2025	11	184,09	1,78	0,1329
Tratamientos	1394,47	2	697,23	6,76	0,0065
Repeticiones	630,53	9	70,06	0,68	0,7181
Error	1856,87	18	103,16		
Total	3881,87	29			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 16 que el tratamiento 1 (Fibra 50% - Aglutinante 50%) es diferente significativamente al tratamiento 2 y 3 respectivamente siendo el que necesito menor fuerza para afectar su estructura en este ensayo los mejores fueron el tratamiento 2 (Fibra 60% - Aglutinante 40%) y tratamiento 3 (Fibra 70% - Aglutinante 30%).

Tabla 16

*Análisis prueba Tukey de promedios de dureza*

<b>Test Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,12953</b>					
Error: 103,1593		gl:18			
%F - %A	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
50-50	1	15,1	10	3,21	A
70-30	3	29,2	10	3,21	B
60-40	2	29,2	10	3,21	B

### 3.1.2. Análisis resultados prueba de flexión

Para la prueba de flexión se usó el equipo de ensayo universal siendo indispensable conocer las dimensiones de las muestras a evaluar para colocar la carga a la que trabajara el equipo, dicho equipo tiene unidades de medida KN o N/mm<sup>2</sup>.

Se realizó una evaluación con doce repeticiones de cada tipo de material flotante tomando una medición por repetición, a continuación, se obtiene un promedio por repetición y tipo de material flotante el cual es insertado en el programa Infostat para obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 17 donde se puede evidenciar que no existe una diferencia entre los materiales flotantes con distinto porcentaje de fibra y aglutinante.

Tabla 17

*Análisis de varianza de promedios de flexión*

<b>Análisis de la varianza</b>				
Variable	N	R	Aj	CV
Resistencia a la flexión K	36	0,41	0,06	25,95

<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,24	13	0,02	1,18	0,3541
Tratamientos	0,07	2	0,03	2,16	0,1386
Repeticiones	0,18	11	0,02	1	0,4761
Error		22	0,02		
Total	0,6	35			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 18 que los tratamientos no son diferentes significativamente sin embargo el tratamiento dos de composición (60 % fibra y 40 % aglutinante) tiene mejor resultado en comparación a los otros dos tratamientos.

Tabla 18

*Análisis prueba Tukey de promedios de flexión*

<b>Test Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,12953</b>					
Error: 0,0160		gl:22			
%F - %A	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
50-50	1	0,44	12	0,04	A
70-30	3	0,47	12	0,04	A
60-40	2	0,55	12	0,04	A

### 3.1.3. Análisis de los resultados de los materiales flotantes

La evaluación de la dureza realizada en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Cuenca tubo diferencia significativa entre los tres tipos de tratamientos evaluados obteniendo como el mejor tratamiento al de

composición (60 % fibra y 40 % aglutinante), a diferencia de los resultados obtenidos en el ensayo de flexión donde no hubo diferencia significativa. Por tal motivo el tratamiento de composición (60 % fibra y 40 % aglutinante) es la mejor mezcla, siendo la prueba de dureza el factor determinante para ser seleccionado y evaluado en campo con los recubrimientos de cera de abeja y cera de carnauba en el sistema hidropónico.

### **3.2. Determinación de las características agronómicas de la lechuga**

En base a la investigación de la literatura sobre las características agronómicas de la lechuga se estableció que las características relevantes para el desarrollo del proyecto son las siguientes

- Contaminación
- Mortalidad
- Peso de raíz incluido el tallo
- Peso de la parte aérea (hojas)

### **3.3. Evaluación de la diferencia de pesos inicial día 0 vs final día 50 en el proyecto de titulación.**

Las diferencias de pesos del día inicial al día final del ciclo del cultivo tomados de cada muestra fueron analizadas por medio del programa Infostat de tal forma que se obtendrá el mejor de los dos tratamientos en comparación al testigo.

#### **3.3.1. Análisis de pesos raíz día 0 vs día 50**

Para el análisis de la diferencia de pesos en la raíz se tomó 24 muestras al inicio del cultivo de plántulas provenientes del mismo lote de las que fueron trasplantadas al sistema hidropónico, al final del cultivo se tomó los datos de la cada muestra obtenida para obtener la diferencia y promedios los cuales serán evaluados en el programa Infostat para obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 19 día 0, Tabla 20 día 50.

Tabla 19

*Análisis de varianza de promedios Pesos de la raíz día 0*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 0	6	0,78	0,44	9,07	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	3	3,9 E-03	2,33	0,3141
Tratamientos	0,01	2	0,01	3,00	0,2500
Repeticiones	1,7 E-03	1	1,7 E-03	1,00	0,4226
Error	3,3 E-03	2	1,7 E-03		
Total	0,02	5			

Tabla 20

*Análisis de varianza de promedios Peso de la raíz día 50*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	1	1	1,07	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	470,50	3	156,83	941,00	0,0011
Tratamientos	462,33	2	231,17	1387,00	0,0007
Repeticiones	8,17	1	8,17	49,00	0,0198
Error	0,33	2	0,17		
Total	470,83	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 21 del día 0 que los tratamientos no son diferentes significativamente sin embargo al final del ciclo del cultivo la diferencia de pesos entre tratamientos es diferente significativamente lo cual se puede evidenciar en la Tabla 22 del día 50 siendo el tratamiento 1 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja mejor al tratamiento 2 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo como tratamiento 3 la lechuga sobre el soporte espuma flex.

Tabla 21

*Análisis prueba Tukey de promedios Pesos raíz día 0.*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,24049				
Error: 0,0017		gl:2		
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.
CERA ABEJA	1	0,5	2	0,03 A
CERA CARNAUBA	2	0,45	2	0,03 A
TESTIGO	3	0,4	2	0,03 A

Tabla 22

*Análisis prueba Tukey de promedios Pesos raíz día 50.*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 2,40489				
Error: 0,1667		gl:2		
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.
CERA ABEJA	3	49	2	0,29 A
TESTIGO	1	38	2	0,29 B
CERA CARNAUBA	2	27,5	2	0,29 C

### 3.3.2. Análisis de pesos parte aérea día 0 vs día 50

Para el análisis de la diferencia de pesos en la parte aérea se tomó 24 muestras al inicio del cultivo de plántulas provenientes del mismo lote de las que fueron trasplantadas al sistema hidropónico, al final del cultivo se tomó los datos de la cada muestra obtenida para obtener la diferencia y promedios los cuales serán evaluados en el programa Infostat para obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 23 día 0, Tabla 24 día 50.

Tabla 23

*Análisis de varianza de promedios Peso de la parte aérea día 0*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 0	6	0,11	0	5,63	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,7 E-03	3	5,6 E-04	0,08	0,9630
Tratamientos	0,00	2	0,00	0,00	≥0,9999
Repeticiones	1,7 E-03	1	1,7 E-03	0,25	0,6667
Error	0,01	2	0,01		
Total	0,02	5			

Tabla 24

*Análisis de varianza de promedios Peso de la parte aérea día 50*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	0,99	0,97	0,45	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	167,00	3	55,67	47,71	0,0206
Tratamientos	156,33	2	78,17	67,00	0,0147
Repeticiones	10,67	1	10,67	9,14	0,0942
Error	2,33	2	1,17		
Total	169,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 25 del día 0 que los tratamientos no son diferentes significativamente sin embargo al final del ciclo del cultivo la diferencia de pesos entre tratamientos es diferente significativamente lo cual se puede evidenciar en la Tabla 26 del día 50 siendo el tratamiento 1 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja mejor al tratamiento 2 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo como tratamiento 3 la lechuga sobre el soporte espuma flex.

Tabla 25

*Análisis prueba Tukey de promedios Pesos parte aérea día 0.*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0,48098					
Error: 0,0067		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
TESTIGO	3	1,45	2	0,06	A
CERA CARNAUBA	2	1,45	2	0,06	A
CERA ABEJA	1	1,45	2	0,06	A

Tabla 26

*Análisis prueba Tukey de promedios Pesos parte aérea día 50.*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 6,36274					
Error: 1,1667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
TESTIGO	3	247,5	2	0,76	A
CERA ABEJA	1	241,5	2	0,76	A
CERA CARNAUBA	2	235	2	0,76	B

### **3.3.3. Análisis resultados pesos de raíz y parte aérea de lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.**

Las lechugas evaluadas como raíz y parte aérea cumplieron su ciclo a los 50 días siendo el tratamiento 1 las lechugas obtenidas del soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor al tratamiento 2 las lechugas obtenidas del soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al tratamiento 3 como testigo.

### 3.4. Evaluación de los análisis microbiológicos en la lechuga obtenida de la parte experimental.

Los análisis microbiológicos realizados a los productos en el día 50 fueron analizados a continuación por medio del programa Infostat de tal forma que se obtendrá el mejor de los dos tratamientos en comparación al testigo.

#### 3.4.1. Análisis resultados microbiológicos Coliformes

Para el análisis de Coliformes totales se usaron placas Compact Dry EC con lectura en 24 horas Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 27 del día 50. En la tabla se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 27

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes día 50*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 50	6	0,94	0,84	19,34

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4433,33	3	1477,78	9,85	0,0935
Tratamientos	4433,33	2	2216,67	14,78	0,0634
Repeticiones	0,00	1	0,00	0,00	≥0,9999
Error	300,00	2	150,00		
Total	4733,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 28 del día 50 que los tratamientos no son diferentes significativamente una vez finalizado el ciclo del cultivo. Sin embargo, al ser un alimento el tratamiento con menor conteo de microorganismos es la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja.

Tabla 28

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 72,14669				
Error: 150,0000		gl:2		
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.
CERA ABEJA	1	35,00	2	8,66 A
TESTIGO	3	55,00	2	8,66 A
CERA CARNAUBA	2	100,00	2	8,66 A

**3.4.2. Análisis resultados microbiológicos Aerobios Totales**

Para el análisis de aerobios totales se usaron placas Compact Dry TC con lectura en 48 horas. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 29 del día 50. En la tabla se puede evidenciar que existe diferencia significativa.

Tabla 29

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 50*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 50	6	0,98	0,94	7,74

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27966,67	3	9322,22	29,44	0,0330
Tratamientos	27900,00	2	13950,00	44,05	0,0222
Repeticiones	66,67	1	66,67	0,21	0,6914
Error	633,33	2	316,67		
Total	28600,00	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 30 del día 50 que los tratamientos son diferentes significativamente siendo el tratamiento 1 mejor al tratamiento 2 en comparación al testigo como tratamiento 3 una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 30

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 104,82671					
Error: 316,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	155,00	2	12,58	A
TESTIGO	3	215,00	2	12,58	A
CERA CARNAUBA	2	320,00	2	12,58	B

### 3.4.3. Análisis resultados microbiológicos Mohos

Para el análisis de Mohos se usaron placas Compact Dry YM con lectura a los 7 días. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 31 del día

50. En la tabla se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 31

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos día 50*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 50	6	0,66	0,16	51,95

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	850,00	3	283,33	1,31	0,4610
Tratamientos	833,33	2	416,67	1,92	0,3421
Repeticiones	16,67	1	16,67	0,08	0,8075
Error	433,33	2	216,67		
Total	1283,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 32 del día 50 que los tratamientos no son diferentes significativamente una vez finalizado el ciclo del cultivo. Sin embargo, al ser un alimento el tratamiento con menor conteo de microorganismos es la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja.

Tabla 32

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 86,70953

Error: 216,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	20,00	2	10,41	A
TESTIGO	3	20,00	2	10,41	A
CERA CARNAUBA	2	45,00	2	10,41	A

**3.4.4. Análisis resultados microbiológicos Levaduras**

Para el análisis de Levaduras se usaron placas Compact Dry YM con lectura a los 7 días. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 33 del día 50. En la tabla se puede evidenciar que existe diferencia significativa.

Tabla 33

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras día 50*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 50	6	0,96	0,91	15,31

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	$\frac{g}{l}$	CM	F	p-valor
Modelo	900,00	3	300,00	18,00	0,0531
Tratamientos	633,33	2	316,67	19,00	0,0500
Repeticiones	266,67	1	266,67	16,00	0,0572
Error	33,33	2	16,67		
Total	933,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 34 del día 50 que los tratamientos son diferentes significativamente siendo el tratamiento 1 mejor al tratamiento 2 en comparación al testigo como tratamiento 3 una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 34

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levaduras día 50.*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 24,04890					
Error: 166667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
TESTIGO	3	15,00	2	2,89	A
CERA ABEJA	1	25,00	2	2,89	AB
CERA CARNAUBA	2	40,00	2	2,89	B

### 3.4.5. Análisis resultados microbiológicos lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.

Los lechugas evaluados microbiológicamente no tienen carga de E\_coli por ese motivo no se presenta un análisis estadístico de este microorganismo, por otro lado en las evaluaciones de Coliformes y Mohos los tratamientos no son diferentes significativamente mientras que en los análisis microbiológicos de Aerobios Totales y Levaduras el tratamiento 1 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor al tratamiento 2 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo la lechuga sobre el soporte de espuma flex como tratamiento 3. Por tal motivo los análisis determinantes para elegir el mejor tratamiento fueron Microbiología de Aerobios totales y Levaduras.

### 3.5. Evaluación de los análisis microbiológicos en los soportes utilizados en los sistemas hidropónicos.

Los análisis microbiológicos realizados a los tratamientos el día 0, día 25, y día 50 fueron analizados a continuación por medio del programa Infostat de tal forma que se obtendrá el mejor de los dos tratamientos en comparación al testigo.

#### 3.5.1. Análisis resultados microbiológicos Coliformes

Para el análisis de Coliformes totales se usaron placas Compact Dry EC con lectura en 24 horas Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 35 del día 0, en la Tabla 36 del día 25, y la Tabla 37 de día 50.

Tabla 35

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes día 0*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 0	6	0,92	0,81	18,14	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1616,67	3	538,89	8,08	0,1121
Tratamientos	1600,00	2	800,00	12,00	0,0769
Repeticiones	16,67	1	16,67	0,25	0,6667
Error	133,33	2	66,67		
Total	1750,00	5			

Tabla 36

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes día 25*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 25	6	0,99	0,98	8,59	

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	70066,67	3	23355,56	87,58	0,0113
Tratamientos	70000,00	2	35000,00	131,25	0,0076
Repeticiones	66,67	1	66,67	0,25	0,6667
Error	533,33	2	266,67		

Tabla 37

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Coliformes día 50*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	0,98	0,94	11,21	

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75850,00	3	25283,33	26,61	0,0364
Tratamientos	75700,00	2	37850,00	39,84	0,0245
Repeticiones	150,00	1	150,00	0,16	0,7295
Error	1900,00	2	950,00		
Total	77750,00	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 38 del día 0 que los tratamientos no son diferentes significativamente, mientras que en la Tabla 39 del día 25 se puede evidenciar que el tratamiento 2 es diferente significativamente con mayor carga de Coliformes a los otros dos tratamientos, finalmente en la Tabla 40 del día 50 se evidencia que el tratamiento 1 con recubrimiento de cera de abeja es diferente significativamente al tratamiento 2 con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo como tratamiento 3 una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 38

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes día 0*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 96,19559					
Error: 66,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	25	2	5,77	A
TESTIGO	3	45	2	5,77	A
CERA CARNAUBA	2	65	2	5,77	A

Tabla 39

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes día 25*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 57,31937					
Error: 266,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	90	2	11,55	A
TESTIGO	3	140	2	11,55	A
CERA CARNAUBA	2	340	2	11,55	B

Tabla 40

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Coliformes día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 181,56520					
Error: 950,0000		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	140	2	21,79	A
TESTIGO	3	270	2	11,55	AB
CERA CARNAUBA	2	415	2	11,55	B

**3.5.2. Análisis resultados microbiológicos Aerobios Totales**

Para el análisis de aerobios totales se usaron placas Compact Dry TC con lectura en 48 horas. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 41 del día 25, y en la Tabla 42 del día 50.

Tabla 41

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 25*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 25	6	1	1	3,54

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	$\frac{g}{l}$	CM	F	p-valor
Modelo	56500,00	3	18833,33	376,67	0,0026
Tratamientos	55900,00	2	27950,00	559,00	0,0018
Repeticiones	600,00	1	600,00	12,00	0,0742
Error	100,00	2	50,00		
Total	56600,00	5			

Tabla 42

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 50*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	0,87	0,68	5,67	

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	g l	CM	F	p-valor
Modelo	8283,33	3	2761,11	4,60	0,1837
Tratamientos	8133,33	2	4066,67	6,78	0,1286
Repeticiones	150,00	1	150,00	0,25	0,6667
Error	1200,00	2	600,00		
Total	9483,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 43 del día 25 que el tratamiento 2 con recubrimiento de cera carnauba es diferente significativamente a los otros dos tratamientos, mientras que en la Tabla 44 del día 50 se puede evidenciar que los tratamientos no son diferentes significativamente una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 43

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 25*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 41,65391					
Error: 50,0000		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	115,00	2	5,00	A
TESTIGO	3	150,00	2	5,00	A
CERA CARNAUBA	2	335,00	2	5,00	B

Tabla 44

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Aerobios Totales día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 144,29339					
Error: 600,0000		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
TESTIGO	3	385	2	17,32	A
CERA ABEJA	1	435	2	17,32	A
CERA CARNAUBA	2	475	2	17,32	A

**3.5.3. Análisis microbiológicos Mohos**

Para el análisis de Mohos se usaron placas Compact Dry YM con lectura a los 7 días. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 45 del día 25, y en la Tabla 46 del día 50.

Tabla 45

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos día 25*

Análisis de la varianza				
Variable	N	R	Aj	CV
Día 25	6	0,83	0,57	20,79

Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9700,00	3	3233,33	3,18	0,2483
Tratamientos	8633,33	2	4316,67	4,25	0,1906
Repeticiones	1066,67	1	1066,67	1,05	0,4134
Error	2033,33	2	1016,6700		
Total	11733,33	5			

Tabla 46

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Mohos día 50*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	0,89	0,72	8,05	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7350,00	3	2450,00	5,25	0,1642
Tratamientos	65,33	2	3266,67	7,00	0,1250
Repeticiones	816,67	1	816,67	1,75	0,3169
Error	933,33	2	466,67		
Total	8283,33	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 47 del día 25 que los tratamientos no son diferentes significativamente, mientras que en la Tabla 48 del día 50 se puede evidenciar que los tratamientos se mantienen sin tener una diferentes significativamente una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 47

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos día 25*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 187,82790					
Error: 1016,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	115	2	22,55	A
TESTIGO	3	140	2	22,55	A
CERA CARNAUBA	2	205	2	22,55	A

Tabla 48

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Mohos día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 127,25481

Error: 466,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	225	2	15,28	A
TESTIGO	3	275	2	15,28	A
CERA CARNAUBA	2	305	2	15,28	A

**3.5.4. Análisis resultados microbiológicos Levaduras**

Para el análisis de Levaduras se usaron placas Compact Dry YM con lectura a los 7 días. Los promediados son analizados en el programa Infostat y de esta forma obtener los siguientes resultados que se observan en la Tabla 49 del día 25, y en la Tabla 50 del día 50.

Tabla 49

*Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras día 25*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 25	6	0,7	0,25	17,5	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5000,00	3	1666,67	1,56	0,4100
Tratamientos	4933,33	2	2466,67	2,31	0,3019
Repeticiones	66,67	1	66,67	0,06	0,8259
Error	2133,33	2	1066,67		
Total	7133,33	5			

Tabla 50

## Análisis de varianza de promedios Microbiológicos Levaduras día 50

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Día 50	6	0,67	0,17	11,82	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4916,67	3	1638,89	1,35	0,4529
Tratamientos	4900,00	2	2450,00	2,01	0,3318
Repeticiones	16,67	1	16,67	0,01	0,9175
Error	2433,33	2	1216,67		
Total	7350,00	5			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 51 del día 25 que los tratamientos no son diferentes significativamente, mientras que en la Tabla 52 del día 50 se puede evidenciar que los tratamientos de igual manera no son diferentes significativamente una vez finalizado el ciclo del cultivo.

Tabla 51

## Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levadura día 25

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 192,39118					
Error: 1066,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	150	2	23,09	A
TESTIGO	3	190	2	23,09	A
CERA CARNAUBA	2	220	2	23,09	A

Tabla 52

*Análisis prueba Tukey de promedios Microbiológicos Levadura día 50*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 205,47387					
Error: 1216,6667		gl:2			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
CERA ABEJA	1	260	2	24,66	A
TESTIGO	3	295	2	24,66	A
CERA CARNAUBA	2	330	2	24,66	A

### **3.5.5. Análisis resultados microbiológicos soportes utilizados en sistemas hidropónicos.**

Los soportes evaluados microbiológicamente no tienen carga de E\_coli por ese motivo no se presenta un análisis estadístico de este microorganismo, por otro lado en las evaluaciones de Coliformes el tratamiento 1 con recubrimiento de cera de abeja es el mejor al tratamiento 2 con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo como tratamiento 3, mientras que en los análisis de Aerobios totales, Mohos, y Levaduras los tratamientos no son diferentes significativamente. Por tal motivo el factor determinante es el análisis de coliformes permitiendo elegir al soporte con recubrimiento de cera de abeja sobre el soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo con espuma flex.

### **3.6. Análisis de la evaluación hedónica de las lechugas obtenidas en sistemas hidropónicos.**

Las evaluaciones sensoriales de los productos fueron analizadas a continuación por medio del programa Infostat de tal forma que se obtendrá el mejor de los dos tratamientos en comparación al testigo.

### 3.6.1. Análisis de resultados de evaluación hedónica.

Para el análisis de la evaluación hedónica se tomó 50 individuos que siguieron el protocolo de evaluación sensorial, los datos obtenidos fueron promediados para ser analizados mediante el programa Infostat de tal forma que se obtuvo los siguientes resultados que se observan en la Tabla 53.

Tabla 53

#### *Análisis de varianza de la evaluación hedónica*

Análisis de la varianza					
Variable	N	R	Aj	CV	
Valoración	15	0,93	0,88	2,73	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,05	6	0,51	17,50	0,0003
Tratamientos	2,68	2	1,34	46,23	≤0,0001
Repeticiones	0,36	4	0,09	3,14	0,0790
Error	0,23	8	0,03		
Total	3,28	14			

Al realizar la prueba Tukey se puede evidenciar en la Tabla 54 que el tratamiento 1 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor al tratamiento 2 la lechuga sobre el soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo como tratamiento 3 la lechuga sobre el soporte espuma flex.

Tabla 54

*Análisis prueba Tukey de la evaluación hedónica*

Test: Tukey Alfa = 0,05 DMS = 0.48036					
Error: 0.0290		gl:8			
SOPORTE	Tratamientos	Medias	n	E.E.	
TESTIGO	3	6,64	5	0,08	A
CERA ABEJA	1	6,44	5	0,08	A
CERA CARNAUBA	2	5,66	5	0,08	B

**3.6.2. Analisis resultados evaluacion hedónica de lechugas obtenidas en sistemas hidroponicos.**

Las lechugas evaluadas sensorialmente evidencian que el tratamiento 1 las lechugas obtenidas del soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor al tratamiento 2 las lechugas obtenidas del soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparacion al tratamiento 3 como testigo.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

El soporte utilizado en los sistemas hidropónicos con dos distintos recubrimientos de cera fue el de un porcentaje de (60% Fibra de palma – 40% Aglutinante) debido a los resultados obtenidos del análisis estadístico de la dureza y flexión realizados en la Universidad Politécnica Salesiana. Además de las facilidades que brinda en el proceso de elaboración del aglomerado como maleabilidad, secado y recubrimiento.

Las características agronómicas evaluadas en la lechuga variedad Black Seed Simpson producida en sistema hidropónico a raíz desnuda con dos materiales de soporte alternativos y un testigo fueron contaminación microbiológica durante el ciclo del cultivo, mortalidad semanal en base al número de muestras inicial, peso de la lechuga por separado la raíz de la parte aérea para determinar el peso ganado durante el ciclo del cultivo.

La lechuga obtenida del soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor a la obtenida del soporte con recubrimiento de cera carnauba debido al promedio de 241.5 g de peso ganado durante el ciclo de cultivo en comparación al testigo con 247.5 g de peso ganado durante el ciclo de cultivo, en base a esto el soporte con recubrimiento de cera de abeja puede ser utilizado para una producción a escala comercial.

El soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor al soporte con recubrimiento de cera carnauba debido a los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos de E-Coli, Coliformes, Aerobios Totales, Mohos, Levaduras durante el ciclo del cultivo en comparación al testigo, de igual forma en los análisis microbiológicos con los mismos parámetros la lechuga obtenida del soporte con recubrimiento de cera de abeja es mejor a la obtenida del soporte con recubrimiento de cera carnauba por tener igual o menor carga

microbiológica en comparación al testigo, siendo un producto de calidad para su comercialización.

La lechuga obtenida del soporte con recubrimiento de cera de abeja tiene mejor aceptación a la obtenida del soporte con recubrimiento de cera carnauba en comparación al testigo con el 91% de aprobación del total de encuestados.

## **4.2. Recomendaciones**

Para evitar que dentro del aglomerado existan espacios y asegurar muestras homogéneas con la finalidad de controlar de mejor manera procesos subsiguientes el proceso de compactación se debe realizar con un mismo peso.

El recubrimiento de los soportes con la cera se lo debe realizar en un recipiente hondo de tal forma que se lo pueda hacer por inmersión evitando que existan imperfecciones en la superficie del soporte las cuales pueden afectar en la flotabilidad del mismo.

Para evitar la fermentación de la solución nutritiva en el sistema hidropónico se puede adicionar a la recirculación un medio de oxigenación como una bomba de aire conectada al tanque matriz.

La fabricación de las peceras se debe realizar de tal forma que dentro de la misma puedan caber el número de muestras necesarias por tratamiento evitando conexiones entre peceras y mejorando la recirculación de la solución nutritiva.

Se debe investigar las cantidades específicas de nutrientes para cada variedad en sus diferentes etapas del cultivo con la finalidad de obtener la solución nutritiva sin causar alteraciones en el cultivo.

## REFERENCIAS

- ALMON, (2015). Cera carnauba. Recuperado el 22 de marzo de 2018 de <http://www.almonecuador.com/materias-primas-carnauba.html>
- Asao, T. Ohba, Y. Tomita, K. Ohta, K. Hosoki, T. (1999) Effects of activated charcoal and dissolved oxygen levels in the hydroponic solution on the growth and yield of cucumber plants Engei. Santiago, Chile: Mediterraneo
- BBC Mundo. (2013). Tres ideas para reemplazar el plástico. Ciencia. Recuperado el 27 de marzo de 2018 de: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131217\\_ciencia\\_tres\\_ideas\\_para\\_reemplazar\\_plastico\\_np#orb-banner](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131217_ciencia_tres_ideas_para_reemplazar_plastico_np#orb-banner)
- Birgi, J. (2015). Producción Hidropónica de Hortalizas de Hoja. Recuperado el 27 de marzo de 2018 de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/forraje\\_hidroponico/40-Hidroponica\\_de\\_hortalizas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/40-Hidroponica_de_hortalizas.pdf)
- Bouchar, D. (1998). Hydroponic systems. Hortic Eng.
- Brentlinger, D. (2007). New trends in hydroponic crop production in the USA. Acta Hortic
- Carruthers, S. (2002). Hydroponics as an agricultural production system. Practical hydroponics & Greenhouses.
- Contreras, W., Owen, M., Garay, D., & Contreras, Y. (1999). Elaboración de tableros aglomerados de partículas de cana brava. México, D.F., México: Mc Graw Hill.
- España, S. (2017). Residuos un recurso aprovechable para las industrias. El Universo. Sección economía.
- Greenfield, H. Southgate, D. (2003) Datos de composición de alimentos: Elsevier Science Publishers.
- Gutiérrez, J. (2011). Producción Hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo.

- Hochmuth, G. Hochmuth, R. (2011). Design suggestions and greenhouse management for vegetable production in perlite and rockwool media in Florida University of Florida. IFAS Extension.
- Hydroponicsfarm, (2015). Técnica de película nutriente (NFT). Recuperado de <http://hydroponicsfarm.weebly.com/nutrient-film-technique-nft.html>
- INEC. (2016). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Recuperado el 4 de abril de 2018 de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf)
- Infoagro, (2016). El cultivo de la lechuga. Recuperado el 4 de abril de 2018 de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- Jones, J. (Eds.). (1997). A Practical Guide for the Soilless Grower. Boca Raton: Lucie Press.
- Lommen, W. (2008). The canon of potato science. 27. Hydroponics
- Lacarra, A. García, C. (2011). Validación de Cinco Sistemas Hidropónicos para la Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Invernadero.
- MAGAP. (2013). MAGAP capacita a productores sobre uso de riego por goteo. Comunicamos Noticia. Recuperado el 30 de marzo de 2018 de <http://www.agricultura.gob.ec/?s=agua+desperdicio>
- MAGAP. (2013). MAGAP boletín situacional. Recuperado el 30 de marzo de 2018 de [http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/palma\\_africana.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/palma_africana.pdf)
- Mota, R. (2014). Composición química de la cera. Recuperado el 10 de abril de 2018 de <https://prezi.com/3ixzyxqipdko/composicion-quimica-de-la-cera/>
- Molitor, H. (1990). The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. Acta Hort DOI: 10.17660
- Palomino, K. (2008). Hidroponía comercial (tomate y lechuga). Editorial Macro EIRL.

- Solagro, A. (2006). Lechuga. Rev Solagro la solución para el Agro. Recuperado el 13 de marzo de 2018 de <http://www.solagro.com.ec/es/cultivos-2/item/lechuga.html>
- Tamayo, E. Sarasty, Oscar. Mosquera, Elizabeth (2017) Aprovechamiento de residuos-celulósicos en la elaboración de empaques secundarios ecológicos. INDUSTRIAL DATA Revista de Investigacion. Vol. 20 Num. 2 DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v20i2.13959>
- Van Patten, G. (2011). Gardening Indoors whit Soil & hydroponics. Van Patten Pub

# **ANEXOS**



*Figura 11* Materiales para la elaboración de aglomerados



*Figura 12* Secado de aglomerados



*Figura 13* Test de dureza en aglomerado



*Figura 14* Test de Flexión en aglomerado



*Figura 15* Sistema hidropónico



*Figura 16* Material flotante cubierto con cera de abeja



*Figura 17* Material flotante cubierto con cera carnauba



*Figura 18* Testigo de espuma flex



*Figura 19* Peso final de raíz



*Figura 20* Peso final parte aérea



Figura 21 Siembras para análisis microbiológicos

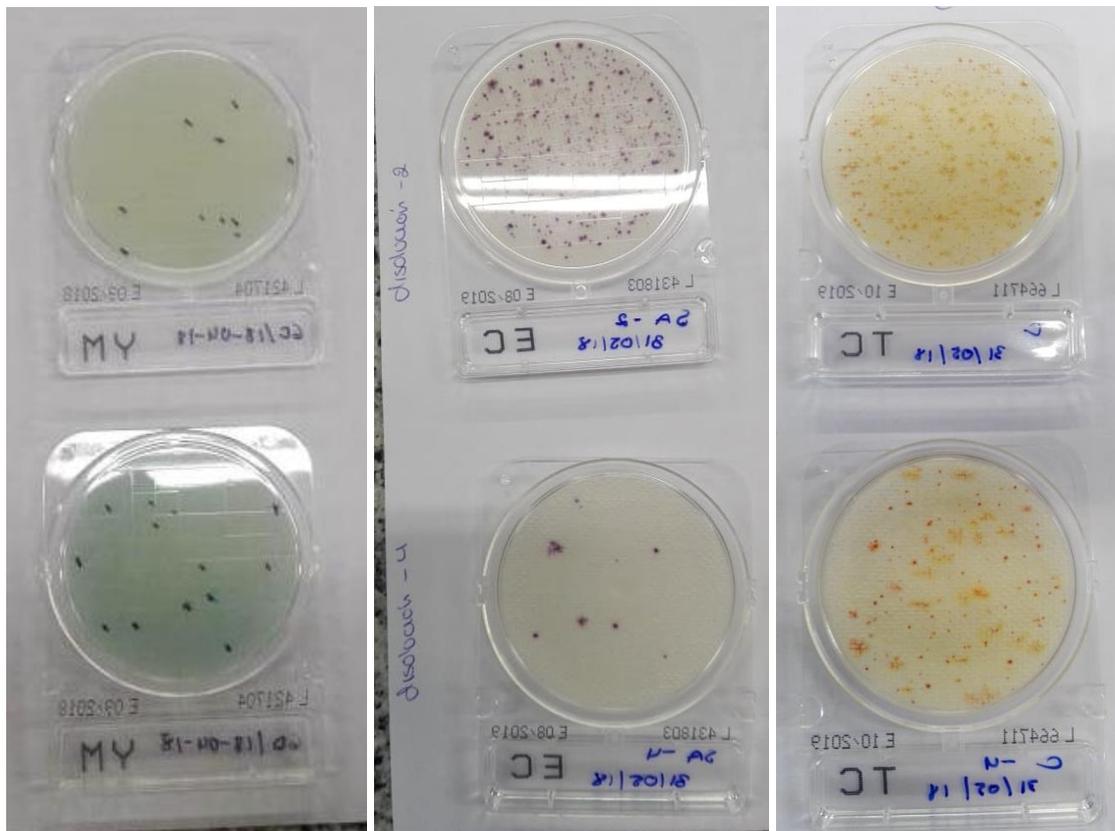


Figura 22 Placas Compact Dry para recuento de microorganismos

