



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos”.

AUTORA:

Kimberly Marisol Villafuerte Cuadro

TUTORA:

Ing. Agr. Victoria de Jesús Rendón Ledesma, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación, a mi Padre Celestial, Dios y mejor amigo de la vida, Jesús, que siempre me han acompañado en todo momento, me han ofrecido su amor y ayuda incondicional; además de haberme llenado de muchas bendiciones, haciéndome parte de una familia tan cariñosa y a la vez, permitiéndome conocer buenas personas que se han convertido en amigos verdaderos.

A mis padres, Sr. Pedro Humberto Villafuerte y Sra. Jannet Marisol Cuadro Castro, que siempre se han preocupado por mí y nunca me han dejado sola, siendo mi apoyo terrenal absoluto ante las circunstancias alegres y difíciles que se presentan en el diario vivir; además, de haberme inculcado valores y principios en mi formación integral.

A mi hermana mayor, Tngla. Valeria Jazmín Villafuerte Cuadro, mi mejor amiga y cómplice de vivencias, que me ha dado ánimos y consejos en todo tiempo, mismos que me han brindado la oportunidad de aprender de mis errores para ser mejor hija, profesional y persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a Jesús, por permitirme cumplir mis metas, darme la fortaleza y sabiduría para superar miedos y dificultades, pero, sobre todo, por siempre estar conmigo y formar parte de mi vida.

A mi familia, que ha estado pendiente de mi bienestar, impulsándome a que perseverare para alcanzar mis propósitos a pesar de las adversidades, convirtiéndose en mi soporte y en mi razón para superarme moral, laboral y profesionalmente.

Un sincero agradecimiento a las autoridades, docentes y demás personal que conforman la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG); que desde el momento en que ingresé, me brindaron un ambiente de cordialidad, amabilidad y conocimiento.

A mi tutora de tesis, la Ing. Agr. Victoria de Jesús Rendón Ledesma, MSc., quien me proporcionó su ayuda y conocimientos sobre Hidroponía, además de mantenerse atenta con el progreso de la presente investigación de principio a fin, considerándola como una auténtica amiga, a más de ser mi docente de Facultad.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	General.....	2
1.1.2.	Específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Variedades de Lechugas.....	3
2.1.1.	<i>L. sativa</i> var. <i>Capitata</i> L.....	3
2.1.2.	<i>L. sativa</i> var. <i>Longifolia</i> Lam.....	3
2.1.3.	<i>L. sativa</i> var. <i>Crispa o inybasea</i> L.....	4
2.1.4.	<i>L. sativa</i> var. <i>Asparagina</i> L.	4
2.2.	Requerimientos agroclimatológicos más relevantes del cultivo de lechuga.....	4
2.3.	Valor nutricional y propiedades medicinales de la lechuga.....	5
2.4.	Hidroponía.....	7
2.4.1.	Concepto y etimología de la hidroponía	7
2.4.2.	Ventajas y desventajas de la hidroponía	7
2.5.	Sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)	8
2.5.1.	Elementos del sistema hidropónico de raíz flotante (SRF).....	9
2.5.2.	Procedimiento para establecer el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF) ..	10
2.5.3.	Manejo general de una solución nutritiva en SRF	11
2.6.	Solución nutritiva de la FAO	13
2.6.1.	Preparación y aplicación de la solución nutritiva de la FAO.....	14
2.6.2.	Control del volumen de la solución nutritiva de la FAO	16
2.7.	Funciones de los macro y micronutrientes en las plantas	17
2.8.	Principales síntomas visuales de deficiencias nutricionales en el cultivo de lechuga 19	
2.9.	Desarrollo del cultivo de lechuga mediante hidroponía.....	20
2.9.1.	Etapas de germinación.....	20

2.9.2.	Etapa de estanque o intermedia.....	20
2.9.3.	Etapa final o cosecha	20
2.10.	Luz solar en cultivo hidropónico de lechuga.....	21
2.11.	Principales plagas en el cultivo hidropónico de lechuga.....	22
2.11.1.	Recomendaciones para el control de plagas.....	23
2.12.	Principales enfermedades en el cultivo hidropónico de lechuga.....	23
2.12.1.	Recomendaciones para el control de enfermedades.....	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Ubicación y descripción del sitio experimental	26
3.2.	Material genético.....	26
3.2.1.	Meraviglia Delle Quattro Stagioni.....	26
3.2.2.	Romana Parris Island	26
3.2.3.	Salad Bowl.....	27
3.2.4.	Red Salad Bowl.....	27
3.3.	Factores estudiados	27
3.4.	Métodos.....	28
3.5.	Tratamientos.....	28
3.6.	Diseño experimental.....	28
3.6.1.	Análisis de la varianza	29
3.7.	Características del área experimental.....	29
3.8.	Manejo del ensayo.....	30
3.8.1.	Análisis químico del agua.....	30
3.8.2.	Construcción de vivero semicerrado.....	30
3.8.3.	Siembra de semilleros	30
3.8.4.	Construcción y forrado de contenedores.....	30
3.8.5.	Corte de la espuma flex o espumafón y esponja.....	31
3.8.6.	Abastecimiento de agua	31

3.8.7.	Preparación y aplicación de la solución nutritiva A+B de la FAO.....	31
3.8.8.	Trasplante de la lechuga al sistema hidropónico de raíz flotante (SRF).....	32
3.8.9.	Aireación de la solución.....	33
3.8.10.	Control fitosanitario	33
3.8.11.	Cosecha	33
3.9.	Datos evaluados.....	34
3.9.1.	Días a la germinación.....	34
3.9.2.	Porcentaje de germinación	34
3.9.3.	Altura de la planta.....	34
3.9.4.	Número de hojas por planta	34
3.9.5.	Longitud de la hoja	34
3.9.6.	Longitud de raíz	34
3.9.7.	Peso de la lechuga sin raíz	35
3.9.8.	Rendimiento (kg/1000 m ²).....	35
3.9.9.	Análisis económico	35
IV.	RESULTADOS.....	36
4.1.	Días a la germinación.....	36
4.2.	Porcentaje de germinación	37
4.3.	Altura de planta	38
4.4.	Número de hojas por planta	40
4.5.	Longitud de la hoja.....	41
4.6.	Longitud de raíz	42
4.7.	Peso de la lechuga sin raíz.....	43
4.8.	Rendimiento (kg/1000 m ²).....	44
4.9.	Análisis económico	45
V.	DISCUSIÓN	47
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48

VII. RESUMEN	50
VIII. SUMMARY	51
IX. BIBLIOGRAFÍA	52
X. ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) por 100 gramos de porción comestible	5
Tabla 2: Comparación entre la producción de lechuga mediante cultivo convencional (suelo) y cultivo hidropónico	8
Tabla 3: Nutrientes importantes en el metabolismo de las plantas	17
Tabla 4: Cultivares estudiados y uso de la solución nutritiva de la FAO. FACIAG, 2020	28
Tabla 5: Análisis de varianza (ANDEVA)	29
Tabla 6: Días a la germinación de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	36
Tabla 7: Porcentaje de germinación de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	37
Tabla 8: Altura de planta a los 15 días después del trasplante de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	38
Tabla 9: Altura de planta a los 30 días después del trasplante de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	39
Tabla 10: Número de hojas por planta de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	40
Tabla 11: Longitud de la hoja de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	41
Tabla 12: Longitud de raíz de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	42
Tabla 13: Peso sin raíz de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	43
Tabla 14: Rendimiento de cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	44
Tabla 15: Análisis económico en 1000 m ² con producción de 16 plantas/m ² incluida la inversión inicial (invernadero y contenedores), en cuatro cultivares de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Construcción del vivero semicerrado.....	62
Figura 2: Construcción y acondicionamiento de los contenedores de madera.....	62
Figura 3: Elaboración de la Solución nutritiva de la FAO	63
Figura 4: Trasplante de cultivares de lechugas al sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)	63
Figura 5: Visita del Ing. Nessar Rojas, docente técnico del área de Vinculación FACIAG ..	64
Figura 6: Cosecha de los cultivares de lechuga	64

I. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza de hoja que cuenta con una amplia variabilidad genética, ya que existen cultivares de lechuga con distintas características como: hojas de bordes lisos, rizados o dentados; tonalidades verdes, amarillas y púrpuras-rojizas, además de tamaños y pesajes diversos. Cabe mencionar, que este cultivo se adapta mejor a zonas frías o templadas; sin embargo, crece en climas como el subtropical y tropical¹.

Esta hortaliza es muy cotizada a nivel mundial, ya que, por su versatilidad en formas y colores, se la emplea en la decoración de platos gourmets, además de ser incluida como ingrediente de múltiples recetas por su bajo contenido calórico, lo que permite la reducción de medidas corporales. Cumple un papel importante en la medicina, debido a sus propiedades diuréticas, alto contenido de fibra y efecto calmante, ayudando a regular el sistema urinario, digestivo y nervioso respectivamente².

El registro más actual sobre la producción de la misma, consta del año 2017, donde se indica que los principales países productores de lechuga a nivel mundial de aquella época fueron: China, liderando la lista con una producción de 13654,57 millones de kilos, seguido de Estados Unidos con 3791,14 millones de kilos, España con 902,94 millones de kilos e Italia con 709,37 millones de kilos³.

Se tiene conocimiento de un estudio realizado en Ecuador, año 2016 por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), que la provincia con mayor producción de lechuga fue Pichincha, con 15575 t de lechuga cultivadas en un área de 924 hectáreas, seguida de Chimborazo con 1905 t en una extensión de 232 hectáreas y Tungurahua que ocupó el tercer lugar con 116 hectáreas y una producción de 1030 t⁴. Desde el año 2017 en Cotopaxi, se ha estado desarrollando con mayor incidencia la producción de lechuga y otros cultivos mediante sistemas hidropónicos⁵.

¹ Saavedra et al. (2017). Manual de producción de lechuga. Obtenido de: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>

² Jaramillo et al. (2014). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño. Obtenido de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472_65800.pdf?sequence=1&isAllowed=y

³ HortoInfo (2017). EE. UU. y España, los países que producen más lechuga en el mundo por m², de los 5 primeros. Obtenido de: <http://www.hortoinfo.es/index.php/5370-prod-mund-lech-060317>

⁴ Muñoz, C. (2018). Identificación morfológica de los hongos causantes de la pudrición radicular en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el Valle de Tumbaco. Obtenido de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15114/1/T-UCE-0004-A78-2018.pdf>

⁵ La Hora (2017). Hidroponía y salud en una terraza. Obtenido de: <https://lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102097354/hidroponia-y-salud-en-una-terrazza>

En los sistemas hidropónicos no se utiliza el suelo para cultivar, como reemplazo del mismo, se emplea agua o sustratos inertes con riegos continuos, en conjunto de soluciones nutritivas, que brindan los nutrientes a las plantas; razón por la cual, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha formulado una solución nutritiva para hidroponía, fácil de preparar y menciona que el sistema de raíz flotante (SRF) es el más recomendado al momento de iniciar una producción hidropónica debido a su practicidad, lo que permite a las familias crear una fuente de autosustento alimenticio desde sus propios hogares⁶.

Cultivar de forma hidropónica trae consigo importantes ventajas, siendo una de las más destacadas, la obtención de mayor producción en menor tiempo, como en el caso de la lechuga, que se la puede cosechar desde los 30 a 45 días desde la siembra, en comparación al cultivo en suelo, cuya cosecha se realiza desde los 60 a 70 días, lo que da lugar a que se incremente el número de cosechas al año y que se pueda producir en cualquier temporada⁷.

Es importante señalar que trabajar con hidroponía demanda constantes controles y manejos propicios, ya que se le debe proporcionar a las plantas las condiciones más parecidas a su medio natural para que cumplan con las funciones fisiológicas normales durante su desarrollo y se eviten pérdidas en el cultivo, logrando cosechas exitosas y rentables⁸.

1.1.Objetivos

1.1.1. General

Estudiar el comportamiento agronómico de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos.

1.1.2. Específicos

- Establecer el cultivo de lechuga mediante el sistema hidropónico de raíz flotante.
- Identificar el cultivar de lechuga más productivo a la cosecha.
- Analizar la relación beneficio/costo (B/C) de cada uno de los cultivares en estudio.

⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (s.f.). Hidroponía simplificada. Obtenido de:

http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/hidrosim/6.pdf

⁷ TvAgro. ¿Cómo cultivar Lechuga Hidropónica? (2014). Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=rMaRj-pVcso>

⁸ Marulanda, C. e Izquierdo J. (2003). La Huerta Hidropónica Popular. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Variedades de Lechugas

Para el (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas 2018), las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos: *L. sativa* var. *Capitata* L., *L. sativa* var. *Longifolia* Lam., *L. sativa* var. *Crispa o inybasea* L., *L. sativa* var. *Asparagina* L.

2.1.1. *L. sativa* var. *Capitata* L.

Comúnmente se las conoce como lechugas arrepolladas. Forman un cogollo apretado, las hojas son redondeadas y dentro de estas variedades se pueden distinguir dos clases: Cabeza maciza y Cabeza mantecosa (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas 2018).

Para la (Cámara de Comercio de Bogotá 2015), las características más representativas de las variedades anteriormente nombradas son:

Cabeza maciza (Lechugas arrepolladas o Crisp Head): También conocidas como tipo Batavia e Iceberg. Presentan cabeza cerrada y mayor resistencia al daño mecánico. En el interior se forma un cogollo apretado y firme, mientras que, en el exterior de la planta, las hojas presentan bordes rizados, las hojas son abiertas, gruesas, crujientes y tienen como función proteger el cogollo. Algunos cultivares comerciales pertenecientes a esta variedad son: Icevic, Coolguard, Arizona, Grandes Lagos (Great Lakes), Winter Haven, Luana, Salinas, Alpha, Badger, etc.

Cabeza mantecosa (Lechugas mantequilla, lisas o Butter Head): Se caracterizan por su cabeza cerrada o semiabierta y a diferencia de la anterior, ésta no es apretada. Las hojas de la superficie son verde-amarillas, muy lisas, con textura suave y un poco aceitosa (de ahí su nombre). Tienen alta susceptibilidad al daño mecánico. Algunos cultivares comerciales pertenecientes a esta variedad son: Albert, Elisa, White Boston, Justine, Maravilla de las 4 estaciones (con un color violacio), entre otras.

2.1.2. *L. sativa* var. *Longifolia* Lam.

Comúnmente se las conoce como Cos, Romana, Latina y Baby. Los cultivares no forman “cabeza” o tienden a dar una cabeza floja, poco compacta, de tamaño mediano a grande, la hoja es erecta de lámina algo crespada con abolladuras entre las nervaduras, de borde liso y buena textura (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas 2018).

Algunos cultivares comerciales pertenecientes a esta variedad son: Parris Island (oreja de burro), Green Forest, Mirella, Tudela, Ros Gem, Tudela Verde, entre otras (Cámara de Comercio de Bogotá 2015).

2.1.3. *L. sativa* var. *Crispa o inybacea* L.

Son las más utilizadas en sistemas hidropónicos. Comúnmente se las conoce como lechugas de hoja, gourmet o de hoja crespa, de corte o de mata o francesa. Presentan cogollos firmes de hojas resistentes al daño mecánico y tolerante al transporte a largas distancias. No forman cabezas, tienen hojas anchas con margen muy recortado, sueltas y dispersas. Sus hojas pueden mostrar un color verde o morado según cultivar comercial. Son de ciclo muy corto (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas 2018).

Algunos cultivares pertenecientes a esta variedad son: Red Salad Bowl (crespa roja), Salad Bowl (crespa verde), Lollo Rosa, Lollo Bionda, crespa casa bella, Verónica, Hoja de roble, Grega, Roxa, Vera, Vanda, entre otras (Cámara de Comercio de Bogotá 2015).

2.1.4. *L. sativa* var. *Asparagina* L.

Llamada lechuga espárrago o de tallo, se la cultiva por sus tallos suculentos, sus hojas son angostas y puntiagudas, no forman cabeza y solo se cultivan en China (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas 2018).

2.2. Requerimientos agroclimatológicos más relevantes del cultivo de lechuga

La (Cámara de Comercio de Bogotá 2015), enumera las condiciones agroclimatológicas del cultivo de lechuga:

Altura sobre el nivel del mar: 1.800 a los 2.800 m.s.n.m.

Temperatura: Entre 15 y 18 °C.

Humedad relativa: 68 al 70%.

Requerimiento hídrico: Entre 300 a 600 mm al año.

Tipo de Suelo: Franco-arcilloso y franco-arenoso.

Rango de pH: Entre 5.7 y 6,5.

Observaciones: Sensible a exceso de humedad.

2.3. Valor nutricional y propiedades medicinales de la lechuga

(Jaramillo et al. 2014), indican que el valor nutritivo de la lechuga difiere según su variedad. La lechuga en general provee fibra, carbohidratos, proteína, y una mínima cantidad de grasa, tiene acción antioxidante, lo cual está relacionado con la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer. Contiene alto porcentaje de agua (90-95%). Las lechugas cos o romana y de hoja aventajan a la lechuga de cabeza por su contenido en vitamina A y vitamina C; esto ocurre, probablemente, debido a la mayor proporción de tejido verde producido por esas variedades, mientras que las tipo mantequilla o lisas son intermedias. La lechuga es también un buen recurso de vitamina C, calcio, hierro y cobre. Los tallos proveen fibra dietética que es ingrediente básico en dietas incalóricas, mientras que las vitaminas y minerales están concentrados en la parte más delicada de sus hojas, mostrándose en la siguiente tabla:

Tabla 1: Composición de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) por 100 gramos de porción comestible

Nombre		Lechuga Arrepollada (Iceberg)	Lechuga Butter Head	Lechuga Romana
Agua	%	95,64	95,63	94,61
Energía		14	13	17
Proteína		0,9	1,35	1,23
Grasa total		0,14	0,22	0,3
Carbohidratos	g	2,97	2,23	3,28
Fibra dietética total		1,2	1,1	2,1
Ceniza		0,36	0,57	0,58
Calcio		18	35	33
Fósforo		20	33	30
Hierro		0,41	1,24	0,97
Tiamina		0,04	0,06	0,07
Riboflavina	mg	0,03	0,06	0,07
Niacina		0,12	0,36	0,31
Vitamina C		3	4	24
Vitamina A equiv*. retinol		25	166	290

Ácidos grasos monoinsaturados		0,01	0,01	0,01
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,07	0,12	0,16
Ácidos grasos saturados		0,02	0,03	0,04
Colesterol		0	0	0
Potasio		141	238	247
Sodio	mg	10	5	8
Zinc		0,15	0,2	0,23
Magnesio		7	13	14
Vitamina B6		0,04	0,08	0,07
Vitamina B12		0	0	0
Ácido fólico	mcg*	0	0	0
Folato equiv. FD*		29	73	136
Fracción comestible	%	0,95	0,74	0,94

Equiv.= Equivalente

mcg = Microgramo

FD = Folato Dietético

Fuente: (Jaramillo et al. 2014)

Para (Cecchini y Ticli 2016), la lechuga no solo es valiosa como alimento, sino también como medicina. Desde el punto de vista terapéutico, las hojas de la lechuga tienen propiedades emolientes y refrescantes, mismas que son empleadas para realizar: decocciones, infusiones y cataplasmas que tratan con eficacia las siguientes afecciones:

- Irritaciones del intestino, como el estreñimiento
- Afecciones de la piel, como: Contusiones, hinchazones e inflamaciones cutáneas
- Insomnio
- Inflamaciones urinarias

(Pamplona 2006), menciona que del látex blanco que mana de los tallos cuando son cortados, se obtiene por solidificación el “lactucario”, sustancia que posee propiedades sedantes, antiafrodisíacas y antitusígenas.

2.4. Hidroponía

2.4.1. Concepto y etimología de la hidroponía

El término “hidropónico” fue utilizado por primera vez en 1930 para denominar un sistema de producción comercial de alimentos donde se trabajó en agua. Proviene del griego (hidro = agua; ponos = labor); es decir que la hidroponía permite hacer crecer las plantas sin suelo, en una solución de agua y nutrientes, convirtiéndose en una forma más eficiente de producción en menor tiempo y con menos esfuerzo para el horticultor (Bosques 2010).

Hay diversas formas de hacer hidroponía, una de ellas, es haciendo uso de sustratos sólidos inertes (fibra de coco, cascarilla de arroz, arena lavada de río, etc.) con los nutrientes entregados mediante el riego. Otra forma es cultivando solamente en agua con nutrientes y colocando algún tipo de soporte para las plantas. En un sistema hidropónico se puede cultivar: Hortalizas, flores, pasto para forraje, plantas ornamentales, condimentos, plantas medicinales y hasta cactus (FAO. Cartillas capacitación s. f.).

2.4.2. Ventajas y desventajas de la hidroponía

Para (Zárate 2014), la hidroponía presenta gran cantidad de ventajas en comparación a sus desventajas, enumerándolas a continuación:

Ventajas:

- No depende de fenómenos meteorológicos.
- Permite cultivar la misma especie ciclo tras ciclo.
- Rinde varias cosechas al año.
- Presenta buen drenaje.
- Mantiene el equilibrio entre aire, agua y nutrimentos.
- Mantiene la humedad uniforme y controlada.
- Ahorra en el consumo de agua.
- Facilita el control de pH.
- Permite corregir deficiencias y excesos de fertilizante.
- Admite mayor densidad de población.
- Logra productos de mayor calidad.
- Acorta el tiempo para la cosecha.
- Reduce los costos de producción.
- Facilita la limpieza e higiene de las instalaciones.

- No requiere mano de obra calificada.
- Reduce la contaminación del ambiente y los riesgos de erosión.
- Elimina el gasto de maquinaria agrícola.
- Recupera la inversión con rapidez.
- (Bosques 2010), señala que otra ventaja es que los rendimientos superan tremendamente la producción en suelo. Por ejemplo, en la lechuga, la relación es de 4 a 1:

Tabla 2: Comparación entre la producción de lechuga mediante cultivo convencional (suelo) y cultivo hidropónico

Cultivo	Suelo	Hidroponía
Lechugas/metro ²	6 – 8	25 – 28
Lechugas/Hectárea	60000 – 80000	250000 – 280000
Docenas/Hectárea	5000 – 6670	20800 – 23300

Fuente: (Bosques 2010)

Además de las ventajas anteriormente mencionadas, (Zárate 2014) también indica las desventajas que presenta la hidroponía:

Desventajas:

- En cultivos comerciales, precisa tener conocimientos acerca de las especies que se siembran y de química inorgánica.
- Inversión inicial relativamente alta.
- Requiere mantenimiento y cuidado de las instalaciones, solución nutritiva, materiales, etcétera.

2.5. Sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)

El sistema flotante es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda el uso de energía extra. Consta de contenedores con cierta cantidad de agua en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella se encuentra flotando la plancha de espumafón que soporta las plantas con la finalidad de que las raíces tengan contacto con la solución. En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella.

Además, se requiere de la aireación del sistema por medio del agite de la solución diariamente. Las desventajas de este sistema consisten en la necesidad de formulación frecuente de la solución nutritiva, la necesidad de airear el medio y prevenir la contaminación del soporte de espuma por algas que encuentran su fuente de alimento en la solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. Requiere además de un consumo importante de agua. Los cultivos que mejor se adaptan al sistema, son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas (Gilsanz 2007).

(Palomino 2008), recomienda que para la hidroponía comercial o de producción masiva, en las planchas de espumafón de 1 m² de superficie, se deben realizar 25 orificios (a 20 cm de distancia cada uno), con la finalidad de que existan 25 plantas por m²; siempre y cuando las condiciones ambientales sean las propicias para que no se formen microclimas entre plantas, evitando la presencia de enfermedades generalmente fungosas.

2.5.1. Elementos del sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)

Para (Gilsanz 2007), los elementos del SRF comprenden:

- Planchas de plumavit o espuma flex de 2 cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeo de la plancha debido al peso de las plantas. Esta plancha se agujereará simétricamente produciendo una abertura de 2 por 2 cm, espacios por los que se introducirán las plántulas con las esponjas.
- Esponja de polyfoam de baja densidad de 2 cm de ancho para permitir el enraizamiento o fijación de la plántula, mismas que rodearán la base del tallo de las plantas como soporte. Es más barata que la de alta densidad, este elemento es descartable del sistema.
- Lámina de plástico de doble capa (blanca y negra, similar a la usada para la producción de silos) (100-150 micrones), con la cual se forrará el interior de los contenedores para colocar el agua y la solución nutritiva.
- Contenedores: Generalmente construidos de madera y con cierta altura del suelo, por lo cual éste deberá estar muy bien nivelado.

(Palomino 2008), señala que la construcción de los contenedores es sencilla, ya que se requiere de tablas y clavos. Para esto se puede seguir los siguientes pasos:

- Medir y cortar dos tablas de 1,04 m y dos de 1,02 m.
- Clavar las 4 tablas formando un marco. Las tablas de 1,04 m por fuera y las de 1,02 m por dentro.

- Formar la base del cajón con más tablas a partir del marco previamente establecido. Hacerlo sobre las tablas de 1,04 m de largo en la parte que irá hacia abajo. Colocar primero las tablas de dos extremos bien delineados con las del marco.
- Las otras tablas que forman la base se clavan dejando una separación de 3 a 4 cm entre una y otra.
- Después de terminado el cuadrado del contenedor, clavamos las patas en los cuatro extremos. Las patas separan la cama del suelo, evitan que se produzcan humedecimiento y que se instalen insectos. Una altura de 20 cm es suficiente, sin embargo, para mayor comodidad puede ser de 1 m.
- Una vez realizados los contenedores, se recomienda colocar papel periódico sobre las tablas del interior del contenedor, para evitar daños al plástico por causa de astillas.
- Para forrar el interior de los contenedores, se puede usar plástico negro calibre 0,10 de 1,50 m de ancho (si el contenedor es de una superficie de 1 m²). Para cortar el plástico se calcula las dimensiones de la siguiente manera:

Largo a cortar: Largo del contenedor más 3 veces su altura. Por ejemplo (contenedor de 1 m² y 20 cm de altura): $1 \text{ m} + (3 \cdot 0,2 \text{ m}) = 1 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$.

Ancho a cortar: Ancho del contenedor más 3 veces su altura. Por ejemplo (contenedor de 1 m² y 20 cm de altura): $1 \text{ m} + (3 \cdot 0,2 \text{ m}) = 1 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$.

- El plástico debe quedar en contacto con las esquinas y con la base. Es necesario que se engrape el plástico a los costados exteriores.

2.5.2. Procedimiento para establecer el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)

(Palomino 2008), indica que una vez listo el contenedor, se deben seguir los siguientes pasos para establecer un SRF:

- Nivelar el contenedor sobre la superficie del suelo.
- De acuerdo con la capacidad del contenedor, se colocan los litros de agua. Por ejemplo: Si el contenedor es de 1m², por lo general entran 100 litros de agua.
- Marcar la lámina de plumavit: En una plancha de 1 m², dejar 10 cm de borde, trazar un cuadrado a 20 cm, marcar los puntos para perforar y finalmente, perforar cada punto de un diámetro de 2 cm. La lámina perforada debe tener 25 orificios donde ubicar las plantas de lechuga.
- Colocar la plancha perforada tipo balsa en el contenedor.

- Cortar la esponja en cubitos de 3 cm y luego hacer un corte hasta la mitad. Después, colocarlas en un recipiente con agua limpia.
- Desprender las plantitas del almácigo y lavar sus raíces con cuidado hasta que no queden residuos.
- Retirar las hojas primarias con cuidado y colocar las plantas en la esponja.
- Ubicar las plantitas en la plancha de plumavit, cuidando que las raíces queden rectas y en contacto con el agua. Levantar la plancha de plumavit a fin de revisar que las raíces estén bien colocadas.
- Colocar la solución nutritiva. Primero va el nutriente mayor y luego el menor, según la cantidad de agua.
- Agitar manualmente el agua formando burbujas para oxigenar y redistribuir los nutrientes por lo menos 3 veces al día, incluyendo fines de semana.

2.5.3. Manejo general de una solución nutritiva en SRF

(Smithers s. f.), comenta que en los sistemas hidropónicos se puede usar con éxito un gran número de soluciones nutritivas, sin embargo; se requiere de un control muy exacto de la solución nutritiva. Para favorecer el crecimiento de las plantas bajo cultivo en SRF, se necesita manejar adecuadamente ciertas condiciones físicas, tales como:

Oscuridad para la solución nutritiva: Para evitar el crecimiento de algas verdes y otras plantas acuáticas diminutas que pueden competir por el oxígeno y los nutrientes. La descomposición posterior de las algas puede llegar a ser tóxica para las raíces, interfiriendo con sus funciones y desarrollo; además de contaminar el soporte de espuma flex o espumafón.

Oxigenación: El éxito que se obtenga con este sistema de cultivo hidropónico, depende en gran parte del suministro adecuado de oxígeno para las raíces de las plantas a través del agitado o movimiento de la solución diariamente (mínimo 2 veces por día).

(Zárate 2014) comenta que la oxigenación puede ser de 3 formas: Manual, dejando un espacio entre el nivel del agua y la cama de sostén, o bien, por bombeo.

Para (Gilsanz 2007), la presencia de oxígeno en la solución nutritiva es estrictamente necesaria para el desarrollo de la planta y el crecimiento de las raíces. Para el normal crecimiento de las plantas se requieren valores mínimos de oxígeno de 8-9 mg O₂/L en el agua con solución nutritiva.

(Pérez y Romero 2001), informan que la determinación de la concentración de oxígeno en el agua, se la efectúa mediante un instrumento denominado “oxímetro”, que generalmente expresa los valores en las siguientes unidades: mgO₂/L.

pH: Para (Zárate 2014), este factor mide la acidez o alcalinidad de la solución. En el cultivo en agua, las plantas son más susceptibles a los cambios del pH, que conviene mantener en un intervalo de 6,5 a 7,0; este valor puede ser tomado con un pH-metro.

(Carrasco e Izquierdo 1996), indican que para disminuir el pH, se usa una solución ácida que puede ser ácido nítrico (HNO₃) o ácido ortofosfórico (H₃PO₄) y para aumentar el pH, se recurre al hidróxido de potasio (KOH).

(Smithers s. f.) argumenta que si el pH se encuentra por debajo o por arriba del rango estipulado, los elementos reaccionan y forman compuestos insolubles que posteriormente son precipitados y depositados en el fondo, por lo que sugiere determinar el pH cada 4 u 8 días y corregirlo en consecuencia.

Profundidad del lecho: (Zárate 2014), cita que en los sistemas hidropónicos de raíz flotante, el lecho debe tener entre 5 y 10 cm de profundidad generalmente.

Calidad del agua: Para (Smithers s. f.), todas las fuentes de agua naturales contienen ciertas impurezas, algunas son benéficas para el crecimiento de las plantas y otras son perjudiciales; si se pretende iniciar un proyecto de hidroponía de tamaño comercial, se debe hacer un análisis químico del agua que se vaya a usar como fuente para evitar posibles problemas nutricionales. El análisis debe contemplar cuando menos:

- Sólidos totales (idealmente no debe sobrepasar los 250 ppm, si el valor es de 3000 ppm no deberá usarse).
- Cloruros (si los sólidos totales exceden los 500 ppm, no se deberá usar).
- Metales pesados (deben estar libres de sulfuros y cloros, ya que en ciertas cantidades son tóxicos para las plantas).
- Dureza del agua, para (Agudelo et al. 2006), este parámetro indica la porción de iones de calcio y magnesio del agua, mismos elementos que en cantidades excesivas pueden provocar la obstrucción de raíces.

Conductividad eléctrica (CE): Según (Smithers s. f.), es una medida indirecta de cuantificar la concentración de aniones (nitratos, fosfatos sulfatos, etc.) o cationes (potasio, calcio, magnesio, etc.), en otras palabras, es una medida aproximada para saber si se está

aplicando la cantidad suficiente de nutrimentos en la solución nutritiva y si el cultivo los está asimilando. Se toma la medida con un conductímetro portátil.

(Santos y Ríos 2016), manifiestan que la CE se suele expresar en deciSiemens por metro (dS/m) o miliSiemens por centímetro (mS/cm), ($1\text{dS/m} = 1\text{ mS/cm}$) y que para que exista un rendimiento del 100% en el cultivo de lechuga, la CE es de 1,3 (dS/m).

Temperatura: (Smithers s. f.), comenta que de manera general, la temperatura de las raíces no debe bajar de 13°C ni estar sobre los 30°C .

(Favela et al. 2006), indican que la temperatura óptima para la mayoría de las plantas es de aproximadamente 22°C .

2.6. Solución nutritiva de la FAO

Desde 1992, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), está impulsando la capacitación en Hidroponía con la finalidad de mejorar la calidad de vida de grupos familiares y comunitarios en zonas urbanas y peri-urbanas marginales; razón por la cual, pone al alcance de grupos y monitores interesados, las Cartillas de Capacitación sobre Hidroponía Simplificada (FAO. Cartillas capacitación s. f.).

Según (Marulanda e Izquierdo 2003), la solución nutritiva que la FAO utiliza para realizar hidroponía, se denomina “Solución Concentrada”, la misma que ha sido probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe, en más de 30 especies de hortalizas, plantas ornamentales y plantas medicinales. Esta se compone de dos soluciones madres concentradas, cuyos nombres son: Solución concentrada A que aporta los macronutrientes y Solución concentrada B que aporta los micronutrientes.

Para (Zárate 2014), los elementos químicos que cumplen diversas funciones en las plantas, se dividen de acuerdo a la cantidad que estas requieren en: macroelementos y microelementos.

Macroelementos o macronutrientes: Se necesitan en grandes cantidades. Estos se clasifican en primarios: Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y en secundarios: Calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

Las plantas toman el carbono del CO_2 del aire; el oxígeno y el hidrógeno lo toman del agua, por tanto, estos macroelementos no se les adicionan.

Microelementos, micronutrientes o elementos traza: Se necesitan en pequeñas cantidades, pero son importantes para los procesos fisiológicos de las plantas. Estos son: Hierro o hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y boro (B).

(Ube 2014), menciona que es muy importante tener en cuenta que cualquiera de los elementos antes mencionados, pueden ser tóxicos para las plantas si se agregan al medio en proporciones inadecuadas, especialmente aquellos que se han denominado elementos menores; sin embargo el aluminio (Al^{3+}) es un elemento que se considera de gran toxicidad.

(Rivera et al. 2016), muestran que el aluminio soluble (Al^{3+}) es el factor más limitante del crecimiento y la productividad de los cultivos. La toxicidad por aluminio afecta a la estructura y funcionamiento de la membrana celular, la síntesis de ADN, la elongación celular, la nutrición mineral y el metabolismo en general.

2.6.1. Preparación y aplicación de la solución nutritiva de la FAO

(Palomino 2008), enseña la forma en que se elabora la solución concentrada A y B, además de los compuestos químicos de cada solución, con las dosis a utilizar:

- **Para preparar 10 litros de la solución concentrada A:**

Se medirá y verterá 6 litros de agua en un recipiente de 15 litros de capacidad (para poder mezclar con facilidad sin derrames de solución).

Se pesará en la balanza los siguientes elementos:

- 340 g de fosfato de mono amónico. ($NH_4H_2PO_4$)
- 2080 g de nitrato de calcio. $Ca(NO_3)_2$
- 1100 g de nitrato de potasio. KNO_3

Primero se vaciará el fosfato de mono amónico, mover bien con una vara hasta que se encuentre totalmente disuelto el primer elemento. Luego se agrega el nitrato de calcio, y así mismo disolverlo por completo. Por último, colocar el nitrato de potasio y remover bien para que se mezcle todo uniformemente.

Se completa con agua hasta alcanzar los 10 litros y agitar por 10 minutos hasta que no queden residuos sólidos. Tapar bien y guardar en un lugar fresco.

- **Para preparar 4 litros de la solución concentrada B:**

Primero se pesará en la balanza los siguientes compuestos químicos en el siguiente orden:

- 492 g de sulfato de magnesio. $MgSO_4$
- 0,48 g de sulfato de cobre. $CuSO_4$
- 2,48 g de sulfato de manganeso. $MnSO_4$
- 1,20 g de sulfato de zinc. $ZnSO_4$
- 6,20 g de ácido bórico. H_3BO_3
- 0,02 g de molibdato de amonio. $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$
- 50 g de quelato de hierro. $C_{18}H_{16}N_2O_6FeNa$

Se colocará las sales minerales pesadas en bolsas de plástico o de papel.

Se medirá 2 litros de agua y se lo verterá en un recipiente plástico de 5 litros para evitar derrames.

Se vaciará al recipiente con agua uno a uno los elementos ya pesados, siguiendo el orden que se mostró anteriormente. Así mismo, disolver bien cada elemento antes de colocar el siguiente.

Se disolverá por lo menos 10 minutos más hasta que no queden residuos sólidos de los componentes.

Se completará el volumen de agua hasta los 4 litros y se agitará para que la solución quede mezclada de manera uniforme. Tapar y almacenar en un lugar fresco.

- **Aplicación de la solución concentrada A más la solución concentrada B**

(Marulanda e Izquierdo 2003), mencionan que una vez llenos los contenedores con agua, se debe adicionar las soluciones concentradas A y B.

Se utiliza una proporción de 5 partes de la solución concentrada “A” por 2 partes de la solución concentrada “B” por cada litro de agua; es decir que se deberá colocar 5 cc de la solución concentrada A y luego 2 cc de la solución concentrada B por litro de agua.

Cabe recalcar que no se las puede colocar juntas sin la presencia de agua, debido a que se inactivarían la mayoría de los elementos nutritivos que cada una contiene, razón por la cual primero se debe poner el agua, y proceder a agregar la solución concentrada A, seguida de la solución concentrada B.

Observaciones:

(Marulanda e Izquierdo 2003), mencionan una serie de observaciones que se deben tomar en cuenta para la elaboración de la solución:

- Es indispensable no excederse en las cantidades recomendadas, pues podría ocasionarse intoxicaciones a los cultivos.
- El agua que se utiliza para esta preparación es agua común y corriente, a la temperatura normal (20-25 grados centígrados), aunque sería preferible utilizar agua destilada si su costo no fuera muy alto.
- Para preparar, guardar y agitar los nutrientes en preparación, concentrados o ya listos como solución nutritiva, se deben utilizar siempre materiales plásticos o de vidrio; no se deben usar agitadores metálicos ni de madera, pero puede emplearse un pedazo de tubo de PVC de 50 cm de largo.

(Carrasco e Izquierdo 1996), sugieren que durante la fase del llenado de frutos, las especies hortícolas como el tomate, pepino y melón, demandan potasio (K) en mayor proporción que nitrógeno (N) para la formación de frutos firmes y de mayor calidad (K/N de 2:1); por lo que algunos estudios denotan que se debería suplementar la solución con potasio (K) desde el inicio de la fructificación, incrementando esta relación K/N a 2,5:1.

Para ello, en forma práctica se suplementa con potasio (K) por medio de un mayor aporte (20 - 25%) de la solución concentrada que posee la fuente de potasio (K), no importando que la concentración de otros elementos aumente proporcionalmente, pues este incremento no sería perjudicial para las plantas. Otra alternativa recomendable es la aplicación foliar de soluciones de rápida absorción a nivel foliar ricas en K y Ca.

También (Gilsanz 2007), menciona que el hierro deberá siempre ser aportado en forma de quelato para favorecer su absorción por parte de la planta.

2.6.2. Control del volumen de la solución nutritiva de la FAO

(Marulanda e Izquierdo 2003), manifiestan que en la solución nutritiva de la FAO, cada vez que el nivel del agua baja en forma apreciable se debe rellenar sólo con agua. Cada tercera

vez que se rellene, se aplicará a la cantidad de agua añadida la mitad de la concentración que se aplicó inicialmente. Por ejemplo, si la tercera vez que se debe rellenar con agua la cama de cultivo se necesita 10 litros de agua para completar el volumen inicial, entonces se debe aplicar 25 cc de la Solución concentrada A y 10 cc de la Solución concentrada B.

2.7. Funciones de los macro y micronutrientes en las plantas

(Raven et al. 1992), mencionan que los nutrientes generalmente son absorbidos en forma de iones, los mismos que al poseer carga negativa se denominan aniones y con carga positiva son llamados cationes, a continuación se presentan las funciones metabólicas más importantes de los nutrientes en las plantas:

Tabla 3: Nutrientes importantes en el metabolismo de las plantas

Nutriente	Forma de Absorción	Concentración usual en plantas sanas (% del peso en seco)	Función principal
Carbono	Dióxido de carbono: CO ₂	-44%	Componente de agregados orgánicos.
Oxígeno	Agua: H ₂ O Oxígeno: O ₂	-44%	Componente de agregados orgánicos.
Hidrógeno	Agua: H ₂ O	-6%	Componente de agregados orgánicos.
Nitrógeno	Nitrato: NO ₃ ⁻ Amonio: NH ₄ ⁺	1-4%	Constituyente de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y coenzimas.
Fósforo	Fosfato de hidrógeno: HPO ₄ ²⁻ Fosfinato o hipofosfito: H ₂ PO ₂ ⁻	0,1-0,8%	Formación de compuestos fosfatados de alta energía (ATP y ADP), ácidos nucleicos, fosforilación de azúcares, fosfolípidos y coenzimas esenciales.
Potasio	Ion potasio: K ⁺	0,5-6%	Forma parte de enzimas, aminoácidos e interviene en la síntesis de proteínas. Apertura y

			cierre de estomas. Turgencia celular.
Calcio	Ion calcio: Ca ²⁺	0,2-3,5%	Formación de paredes celulares, cofactor enzimático y permeabilidad celular.
Magnesio	Ion magnesio: Mg ²⁺	0,1-0,8%	Parte de la molécula de la clorofila. Activador de enzimas.
Azufre	Ion sulfato: SO ₄ ²⁻	0,05-1%	Forma algunos aminoácidos y proteínas. Coenzima A.
Boro	Tetraborato: B ₄ O ₇ ²⁻ Borato: BO ₃ ⁻	5-75 ppm*	Influencia el uso de Ca ²⁺ . Elongación celular. Participa en el metabolismo de ácidos nucleicos.
Cobre	Ion cobre (II) o cúprico: Cu ²⁺	4-30 ppm	Activador de enzimas.
Hierro	Ion hierro (II) o ferroso: Fe ²⁺ Ion hierro (III) o férrico: Fe ³⁺	25-300 ppm	Síntesis de clorofila, citocromos y nitrogenasa.
Manganeso	Ion Manganeso (II) o Manganoso: Mn ²⁺	15-800 ppm	Activador de enzimas.
Molibdeno	Ion molibdato: MoO ₄ ²⁻	0,1-5,9 ppm	Fijación del nitrógeno. Reducción del nitrato.
Cloro	Ion cloruro: Cl ⁻	100-10 000 ppm	Ósmosis y equilibrio iónico. Esencial en reacciones fotosintéticas que producen O ₂ .
Zinc	Ion zinc: Zn ²⁺	15-100 ppm	Activador de enzimas.

ppm = Partes por millón

Fuente: (Raven et al. 1992)

2.8. Principales síntomas visuales de deficiencias nutricionales en el cultivo de lechuga

Para (Medina 2017), los síntomas de deficiencia nutricionales más importantes en el cultivo de lechuga se dan por los siguientes elementos:

Nitrógeno: Las hojas externas toman una coloración amarillo-verdosa, que se va extendiendo hacia las internas. Las hojas de las plantas afectadas son más pequeñas y no llega a formarse la cabeza.

Fósforo: La planta presenta una coloración verde oscura. Su tamaño se reduce drásticamente. Las hojas externas presentan unas manchas irregulares, de color marrón.

Potasio: La carencia muestra unas manchas amarillas en el borde de las hojas externas que se extienden hacia el centro de la hoja y hacia las hojas medias. Cuando la carencia es severa, las manchas se tornan marrones y el margen se necrosa.

Calcio: Las hojas jóvenes muestran unos puntos negruzcos o marrones que unidos representan una quemadura.

Magnesio: Las hojas viejas presentan una decoloración amarillenta, internervial y pueden llegar a necrosarse cuando la carencia es muy acusada. Los síntomas progresan hacia las hojas medias.

Hierro: Las plantas deficientes presentan una amarillez en las hojas del cogollo. La nerviación permanece ligeramente más oscura.

Manganeso: Presenta una clara amarillez internervial en las hojas medias. Los síntomas progresan hacia las hojas externas.

Cobre: La carencia se manifiesta como una amarillez en las hojas externas o medias. Éstas pueden llegar a necrosarse. Las hojas externas se curvan a lo largo de nerviación central hacia arriba.

Zinc: Las plantas afectadas tienen forma de roseta. El crecimiento se paraliza. En el borde de las hojas externas aparecen manchas necróticas oscuras que se mueven hacia la zona central de la hoja. Los síntomas progresan hacia las hojas jóvenes.

Boro: Los síntomas aparecen en los puntos de crecimiento de las hojas jóvenes. Se extienden a lo largo del margen de la hoja y los puntos de crecimiento mueren. Las hojas internas se deforman y se vuelven quebradizas. La raíz se acorta y muestra una coloración marrón oscura.

2.9. Desarrollo del cultivo de lechuga mediante hidroponía

2.9.1. Etapa de germinación

(Alvarado et al. 2001), indican que a partir del día 2, la semilla germina y la raíz empieza a penetrar en la tierra o sustrato de las bandejas de germinación. Desde el día 6, se nota un crecimiento considerable de la plántula y en el día 10 u 11, ya las hojas de distintas lechugas comienzan a tocarse. Las raíces han crecido a través del fondo de las bandejas.

2.9.2. Etapa de estanque o intermedia

(Alvarado et al. 2001), manifiestan que esta etapa comienza con el trasplante de la plántula al sistema hidropónico desde los 11 a 14 días de edad.

Para el día 18, las hojas se extienden hasta cubrir casi todo el flotador. En esta etapa, una cabeza de lechuga pesa aproximadamente 0,4 onzas (10,5 gramos).

En el día 21, las cabezas pesan aproximadamente 0,75 onzas (21,4 gramos).

En el día 25, una planta de lechuga pesa ahora aproximadamente 1,7 onzas (47 gramos).

En el día 32, las cabezas pesan ahora aproximadamente 4 onzas (114 gramos).

Durante esta fase es muy importante el manejo del cultivo, con oxigenación, regulación de pH y de CE constante, Además de proporcionar cierta sombra al cultivo (aproximadamente 20% de sombra).

2.9.3. Etapa final o cosecha

Los mismos autores (Alvarado et al. 2001), señalan que en el momento de la cosecha (a los 35 días), cada cabeza de lechuga tiene un peso desde 5 onzas (150 gramos). Las condiciones de crecimiento estables y una programación adecuada de la producción, aseguran que se obtengan tamaños y cantidades uniformes cada vez, incluso en menor tiempo, como en 30 días aproximadamente.

Para (López 2016), el desarrollo hidropónico de una lechuga, puede completarse desde los 18 días después de haber sido trasplantada; por lo general las lechugas de hoja suelta como la cressa, suelen ser las más precoces en crecimiento y desarrollo (cerca de los 22 a 25 días).

(TvAgro 2014) enuncia que el tiempo que generalmente toma una cosecha está entre los 30 y 45 días, aunque claramente puede ser reducido hasta a 25 días si existen las condiciones de luz y nutrientes adecuadas.

(Groho España s. f.), argumenta que una de las principales explicaciones en cuanto a las elevadas productividades de la lechuga hidropónica es la eficiencia en el uso del área de cultivo, con ergometría de trabajo, mayor eficacia del uso del agua y de fertilizantes, menor contaminación ambiental y menores pérdidas productivas (se estima una pérdida del 15% al 20% entre las fases de germinación e intermedio).

2.10. Luz solar en cultivo hidropónico de lechuga

La productividad del cultivo de lechuga, así como sus características de color, sabor y textura, dependen en gran medida de la luminosidad solar, requiriendo aproximadamente 12 horas luz por día (Cámara de Comercio de Bogotá 2015).

En el cultivo de lechuga, bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas – luz) acompañado de altas temperaturas (más de 26 °C), se presentan fisiopatías (alteraciones en órganos de la planta por condiciones ambientales) como emisión prematura de tallo floral y tip burn. (Granizo 2013).

(Mendoza 2017), señala que la emisión prematura del tallo floral o subida prematura de la flor, afecta negativamente al acogollado, haciendo que las plantas presenten un sabor amargo y sean desechadas.

(FAO. Manuales Hidroponía s. f.), indica que el tip burn o necrosis marginal se manifiesta inicialmente como manchas necróticas en el borde de la hoja, las que luego se unen unas con otras produciendo una deformación de ésta. La necrosis es producto de la ruptura de los canales de látex, lo que produce fitotoxicidad.

Para (Saavedra et al. 2017), los sombreaderos producen una sombra refrescante y permiten la ventilación natural. Consiste en una armazón básica, que puede ser de madera o metal, cubierta con una malla raschel o zarán de entre 35 y 50% de sombra, dependiendo de la localidad y de la época del año. En zonas muy luminosas y cálidas se debe usar mayor sombreadamiento.

2.11. Principales plagas en el cultivo hidropónico de lechuga

Según (Marulanda e Izquierdo 2003), las plagas que más se presentan en los cultivos hidropónicos son los insectos de diferentes tipos. Entre éstos los más frecuentes son:

Gusanos defoliadores:

Que no son otra cosa que los hijos de las mariposas y nacen cuatro o cinco días después de que ellas han puesto sus huevos, generalmente por detrás de las hojas.

(Syngenta 2016), explica que los principales gusanos defoliadores en el cultivo de lechuga son: Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis* Bosid.), rosquilla verde o gardama (*Spodoptera exigua* Hbs.), heliothis (*Helicoverpa armigera* Hbs.), plusia, oruga camello o medidores (*Autographa gamma* L.), plusia, orugas camello o medidores (*Chrysodeixis chalcites* E.).

Pulgonos o áfidos:

(Marulanda e Izquierdo 2003), indican que otra plaga bastante común y dañina son los pulgonos o áfidos, que se presentan sobre todo en los períodos secos y calurosos.

Para (Kuhne et al. 2011), el pulgón más común de la lechuga es *Nasonovia ribisnigri* (pulgón rosado), que al succionar la savia de las hojas, transmiten virus, inhiben el crecimiento de las plantas, ocasionan clorosis y producen melaza sobre las hojas, provocando que se acumulen enfermedades fúngicas y virales.

Caracoles y babosas:

(Marulanda e Izquierdo 2003), argumentan que estos se presentan en abundancia en las épocas lluviosas y frías, cuando el área de la huerta permanece húmeda por mucho tiempo. Sólo son activos durante la noche y se esconden al amanecer, por lo que en la mañana hay que tratar de ubicarlos en los sitios oscuros y protegidos, cercanos a los contenedores, ya que se alimentan de las hojas de las lechugas.

Los mismos autores manifiestan que en las huertas en las cuales se usa cáscara de arroz como sustrato, ya sea solo o en mezcla, son frecuentes los daños causados por los pájaros que llegan en búsqueda de granos de arroz o de semillas, produciendo también daño o consumiendo a las plántulas pequeñas y a las semillas de lechuga.

2.11.1. Recomendaciones para el control de plagas

(Marulanda e Izquierdo 2003), describen algunas recomendaciones a tomar en cuenta:

Revisar diariamente la huerta: La revisión diaria o cada dos días recorriendo toda la huerta disminuirá considerablemente el número de insectos presentes, puesto que la eliminación constante y gradual que se efectúa en sus diferentes estados, permitirá romper el ciclo vital de las plagas.

Colocar banderas de plástico de color amarillo intenso: Mismas que deben ir impregnadas con aceite de transmisión o de caja de cambios de auto. El color amarillo atrae a muchas especies de insectos que, al posarse sobre la lámina plástica, se quedan pegados.

Presencia de insectos benéficos: En las huertas, además de los insectos dañinos, existen otros insectos y animales que no causan daño, sino que se alimentan de los huevos, larvas pequeñas y a veces hasta de los adultos de los insectos plagas. Entre estos insectos o animales benéficos es común encontrar a las llamadas chinitas o mariquitas, el mata piojos o crisopa, avispas y hasta lagartijas, cuyo alimento son los insectos dañinos. A estos animales, en vez de espantarlos o eliminarlos, se debe protegerlos, pues son valiosos aliados para la eficiente realización del trabajo de hidroponía.

Utilización de insecticidas: Cuyos principios activos pueden ser: Acefato, diametoato, lambdacyhalothrina, imidacloprid, abamectina entre otros.

2.12. Principales enfermedades en el cultivo hidropónico de lechuga

Según (Bosques 2010), al no hacer uso de la tierra en los sistemas hidropónicos, se eliminan todas las enfermedades relacionadas a esta.

(FAO. Manuales Hidroponía s. f.), destaca como principales enfermedades de la lechuga cultivada mediante hidroponía, a las siguientes:

Mildiu

Producido por el hongo *Bremia lactucae*. Su presencia se caracteriza por el desarrollo de manchas cloróticas irregulares en las hojas, en cuyo envés es posible observar un polvillo blanco grisáceo, muchas veces de aspecto aterciopelado, correspondiente a las estructuras de disseminación y micelio del patógeno. Finalmente, los tejidos se necrosan y ennegrecen. En

algunos casos, en estados iniciales, las plantas presentan una coloración amarillenta y un menor tamaño.

Moho gris o pudrición gris

Causada por el hongo *Botrytis cinerea*, también puede ser de importancia en lechuga en cultivo hidropónico, en particular en variedades que presentan una cabeza más compacta y cerrada. Las plantas afectadas inicialmente desarrollan lesiones acuosas en las hojas basales y corona, las que luego, si existen condiciones de humedad y temperatura apropiadas, pueden extenderse a otros sectores. Sobre el tejido afectado el patógeno puede esporular de manera abundante, observándose un moho de color gris característico. Estas esporas servirán de fuente de inóculo, diseminándose a través de ellas el hongo hacia plantas sanas, tanto por viento como salpicado de agua.

Manchas foliares

Al igual que en otras especies, existen algunos hongos que pueden producir manchas foliares en lechuga cultivada hidropónicamente. Entre estos se pueden mencionar *Microdochium panattonianum*, causante de antracnosis y *Stemphylium botryosum*, que produce la enfermedad conocida como viruela. La primera se caracteriza por el desarrollo de manchas amarillentas en las hojas y nervaduras, cuyo centro puede desprenderse y la segunda por la aparición de lesiones necróticas de color café, muchas veces con círculos concéntricos en la lámina de la hoja. Generalmente ambas enfermedades progresan desde las hojas externas más viejas hacia las más jóvenes que se ubican en el interior de la planta.

Pudriciones radicales

Ocasionadas por distintas especies de hongos del género *Pythium sp.*, también pueden constituir un problema patológico importante en cultivo hidropónico de lechuga, observándose al levantar las planchas de espuma flex. Sus esporas, las que poseen flagelos, pueden diseminarse fácilmente en el agua, por lo que cualquier contaminación con el patógeno del sustrato utilizado, tanques, cañerías, solución nutritiva puede llevar a un desarrollo rápido de la enfermedad. Por lo anterior es importante mantener el sistema completamente cerrado. Los síntomas asociados a la acción de este hongo, son fundamentalmente necrosis y pudrición en raíces y zona del cuello de la planta. Esto finalmente se traduce en pérdida de vigor, clorosis y finalmente marchites.

Virosis

Dentro de las enfermedades causadas por virus que afectan esta especie, quizás la más ampliamente distribuida la constituya el mosaico de la lechuga, causada por *Lettuce mosaic potyvirus* (LMV). Este patógeno además de lechuga afecta endivia y radicchio, transmitiéndose tanto por semilla como por pulgones de manera no persistente. También esta especie puede ser infectada por el virus del mosaico del pepino (CMV), virus del mosaico de la alfalfa (AMV) y virus del bronceado del tomate (TSWV).

Los síntomas más característicos de enfermedades virales, son los mosaicos (zonas verde claro y oscuro de límites definidos en la lámina de la hoja), clareamiento de venas y enanismo. Sin embargo, cuando la infección ocurre tempranamente, es posible observar plantas con enanismo severo y deformación de los márgenes de las hojas de manera importante, doblándose las puntas de estas. En infecciones tardías, se puede producir la deformación de la cabeza de la lechuga.

2.12.1. Recomendaciones para el control de enfermedades

(Saavedra et al. 2017), enumeran algunas recomendaciones para controlar enfermedades:

- Monitoreo permanente para establecer oportunamente la identificación de síntomas.
- Podas fitosanitarias (eliminación de partes afectadas) tan pronto como se observen síntomas para bajar la carga de inóculo.
- Mantener los cultivos lo más ventilados posible.
- Utilización de fungicidas: Se puede aplicar fungicidas cuyo principio activo pueda ser: Carbendazim, azoxistrobina, mancozeb, tebuconazole, sulfato de cobre (caldo bordes), entre otros.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El presente trabajo experimental, se realizó en el Área de Agricultura Orgánica de la Granja Experimental "San Pablo", Facultad de Ciencias de Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo; la misma que se encuentra ubicada en el km 7,5 vía Babahoyo - Montalvo, Cantón Babahoyo, Provincia de los Ríos.

Las coordenadas geográficas del sitio expresadas en UTM son: Este: 669097,17 UTM y al Norte: 9'801368,24 UTM, con altitud de 8,05 msnm. En cuanto a las características climatológicas de la zona, presenta un clima tropical húmedo con temperatura anual de 26,2 °C, precipitación de 1815 mm/año, humedad relativa anual del 76% y 702 horas de heliofanía promedio anual. El suelo posee topografía plana, textura franco-arcillosa y drenaje regular⁹.

3.2. Material genético

Se utilizó las semillas de cuatro cultivares de lechuga, mismas que presentan las siguientes características agronómicas:

3.2.1. Meraviglia Delle Quattro Stagioni

- Precocidad: Temprana
- Forma del cogollo: Mediano a grande, semi-compacto
- Forma de la hoja: Redonda
- Color de la hoja: Rojo-bronce y toques verdes
- Temporada: Para todas las estaciones
- Color de semilla: Negra
- Días a la cosecha: 70 días¹⁰.

3.2.2. Romana Parris Island

- Precocidad: Temprana
- Forma del cogollo: Grande, largo
- Forma de la hoja: Hojas erguidas largas de superficie un poco rugosa y el nervio central muy pronunciado. Textura crujiente.

⁹ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2018. Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

¹⁰ Sgaravatti. Lettuce Meraviglia Delle Quattro Stagioni. (s.f.). Obtenido de: <file:///C:/Users/PERSONAL/Zotero/storage/BTRL7B67/lettuce-meraviglia-delle-quattro-stagioni.html>

- Color de la hoja: Verde oscuro
- Temporada: Invierno
- Color de semilla: Blanquecino
- Días a la cosecha: 65 – 70 días¹¹.

3.2.3. Salad Bowl

- Precocidad: Temprana
- Forma de la cabeza: De roseta grande con hojas sueltas
- Forma de la hoja: Onduladas y de bordes muy crespos
- Color de la hoja: Verde claro limón
- Temporada: Cálida
- Color de semilla: Café oscuro
- Días a la cosecha: 70 días¹².

3.2.4. Red Salad Bowl

- Precocidad: Temprana
- Forma de la cabeza: De roseta grande con hojas sueltas
- Forma de la hoja: Onduladas y de bordes muy crespos
- Color de la hoja: Rojo-bronce y toques verdes
- Temporada: Cálida
- Color de semilla: Café marrón
- Días a la cosecha: 70 días¹³.

3.3. Factores estudiados

Variable independiente: Solución nutritiva.

Variable dependiente: Comportamiento agronómico de cultivares de lechuga.

¹¹ Rocalba. Lechuga Romana Parris Island. (s.f.). Obtenido de: <file:///C:/Users/PERSONAL/Zotero/storage/YFUDFAS5/949-lechuga-romana-parris-island.html>

¹² Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas. Obtenido de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>

¹³ Garden seeds market. Red Salad Bowl. (s.f.). Obtenido de: <https://gardenseedsmarket.com/lechuga-romana-red-salad-bowl.html>

3.4. Métodos

Se aplicaron los métodos: Inductivo – deductivo, deductivo – inductivo y experimental.

3.5. Tratamientos

Se trabajó con diferentes cultivares de lechuga como tratamientos, para conocer el más productivo al emplear la solución nutritiva de la FAO.

Tabla 4: Cultivares estudiados y uso de la solución nutritiva de la FAO. FACIAG, 2020

Tratamientos			
Nº	Cultivares de lechuga	Dosis (cc/L agua) Solución nutritiva FAO	Aplicaciones de la solución nutritiva FAO
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni		Al trasplante de cultivares y de acuerdo al consumo de agua por parte de las plantas si fuese necesario. (En el ensayo solo se colocó al trasplante).
T2	Romana Parris Island	7 cc/L 5 cc/L (Solución A)*	
T3	Salad Bowl	+	
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)*	

Solución A: Correspondiente al aporte de macronutrientes.

Solución B: Correspondiente al aporte de micronutrientes.

(Preparación y aplicación de la solución nutritiva A+B de la FAO. Detallada en el ítem 3.8.7; sección “Manejo del ensayo”).

3.6. Diseño experimental

Se empleó el diseño experimental “Bloques Completos al Azar”, con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

La diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se determinó con la prueba de Tukey con 5% de significancia.

3.6.1. Análisis de la varianza

El análisis de varianza se desarrolló bajo el siguiente esquema:

Tabla 5: Análisis de varianza (ANDEVA)

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	:	3
Repetición	:	2
Error experimental	:	6
Total	:	11

3.7. Características del área experimental

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 4

Número de contenedores o cajones: 12

Dimensiones de cada contenedor:

Largo: 1 m

Ancho: 1 m

Superficie de cada contenedor: 1 m²

Alto del contenedor: 20 cm

Altura del suelo al contenedor: 80 cm

Trasplante de plantas al contenedor:

Distancia entre planta: 25 cm

Distancia entre hilera: 25 cm

Número de plantas por contenedor: 16 plantas

Número total de plantas de los contenedores: 192 plantas

Superficie del área experimental:

Ancho: 6 m

Largo: 8 m

Superficie del área experimental: 48 m²

Cantidad de agua en cada contenedor:

Agua: 100 litros por contenedor

3.8. Manejo del ensayo

El ensayo se realizó en condiciones de vivero (semicerrado) y se llevó a cabo las labores que generalmente se efectúan en un sistema hidropónico de raíz flotante:

3.8.1. Análisis químico del agua

Se tomó una muestra homogénea del agua con la que se trabajó en el sistema hidropónico, y se la llevó a un laboratorio de aguas, para conocer sus propiedades químicas.

3.8.2. Construcción de vivero semicerrado

Debido a las condiciones invernales de la Región Costa, se construyó un vivero semicerrado, con cubierta de plástico de vivero transparente calibre 8 y protección de rayos UV, para evitar que lluvias intensas del temporal, alteren la concentración de la solución recomendada por la FAO en los cajones. Las bases del vivero se establecieron con caña guadua mismas que fueron rodeadas por 5 filas de alambre, para proporcionar mayor ventilación y a la vez protección de ganado que suele pastar por los alrededores.

3.8.3. Siembra de semilleros

Se hicieron semilleros en 2 cubetas de plástico, con las siguientes dimensiones: 73 cm de largo por 52 cm de ancho y con una altura de 8 cm. Como sustrato se utilizó tierra de sembrado.

3.8.4. Construcción y forrado de contenedores

Se elaboró 12 contenedores de madera, con dimensiones de 1 m de largo, 1 m de ancho y una altura de 20 cm; cabe mencionar que se adicionó como bases 4 varas gruesas de madera en cada extremo del contenedor, quedando a una altura de 80 cm del suelo. Además, la parte interior de cada contenedor, se forró primero con papel periódico y sobre este, doble capa de

plástico negro (de 1,5 m de largo por 1,5 m de ancho por contenedor), se aseguraron los bordes sobrantes del plástico con clavos pequeños en la parte externa del contenedor. El espacio que existió entre contenedores fue de 1 m de separación y entre hileras también fue 1 m.

3.8.5. Corte de la espuma flex o espumafón y esponja

Se cortó una plancha de espuma flex de 2 cm de grosor, a medida que se mueva con facilidad en el interior de los contenedores para efectuar la oxigenación. Después se realizaron los agujeros con un diámetro de 3 cm; los mismos que correspondieron al sitio donde se colocaron las plantas a distancias de 25 cm entre planta e hilera. En cambio, la plancha de esponja de 2 cm de grosor, fue recortada en círculos de 3,5 cm de diámetro con un corte en el centro (para introducir la planta), con la finalidad que quepa en los agujeros de la espuma flex y haga una leve presión a las plantas, para que no se salgan al momento de levantar la espuma flex en la oxigenación.

3.8.6. Abastecimiento de agua

Después de que se forraron los cajones de madera con el periódico y plástico negro, se colocó 100 litros de agua en cada uno de los contenedores; ya que se trabajó con el sistema hidropónico de raíz flotante.

3.8.7. Preparación y aplicación de la solución nutritiva A+B de la FAO

Para los 12 contenedores, se preparó 6 litros de la solución A y 2,4 litros de la solución B. Además, se utilizó una balanza con rango de 0,001 a 2000 g.

• Para preparar 6 litros de la solución concentrada A:

Se pesó en la balanza los siguientes elementos:

- 204 g de fosfato de mono amónico
- 1248 g de nitrato de calcio
- 660 g de nitrato de potasio

En un balde se colocó primero 3 litros de agua, luego se vació el fosfato de mono amónico, el nitrato de calcio y el nitrato de potasio en ese orden. Se disolvió bien cada sal antes de agregar la siguiente. Finalmente se agregaron los 3 litros de agua faltantes para completar los 6 litros de solución.

- **Para preparar 2,4 litros de la solución concentrada B:**

Se pesó en la balanza los siguientes compuestos químicos en el siguiente orden:

- 295,2 g de sulfato de magnesio
- 0,29 g de sulfato de cobre
- 1,49 g de sulfato de manganeso
- 0,72 g de sulfato de zinc
- 3,72 g de ácido bórico
- 0,012 g de molibdato de amonio
- 30 g de quelato de hierro

De igual manera, se midió 1,2 litros de agua en un recipiente y se vació uno a uno de los elementos, siguiendo el orden en que se pesaron. Así mismo se disolvió bien cada elemento antes de colocar el siguiente. Finalmente se añadió los 1,2 litros de agua faltantes para completar el volumen requerido de la solución.

- **Aplicación de la solución concentrada A más la solución concentrada B**

Una vez llenos los contenedores con agua, en cada contenedor, se adicionó primero la solución concentrada A (500 cc) y se revolvió bien, luego se añadió la solución concentrada B (200 cc); así mismo, se removió el agua con las soluciones para que la mezcla quede homogénea y esparcida en todo el contenedor.

La primera y única aplicación de la solución se efectuó al momento del trasplante de los cultivares y posteriormente no fue necesario aplicar de nuevo las soluciones concentradas.

3.8.8. Trasplante de la lechuga al sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)

Cuando las plantas presentaron de 2 a 3 hojas verdaderas (después de 15 días) se procedió a trasplantarlas al sistema hidropónico de raíz flotante.

Dentro del contenedor, encima del agua con la solución se colocó la espuma flex con los agujeros. Luego se procedió a extraer las plantas del semillero y lavar sus raíces, para después colocar la esponja alrededor de la base del tallo de las mismas e introducirlas en los agujeros de la espuma flex, creando un soporte. Así, las raíces quedaron libres y en contacto con el agua.

3.8.9. Aireación de la solución

Se realizó de forma manual, moviendo la mano de un lado al otro, con la finalidad de agitar el agua y crear burbujas de aire, para que exista oxigenación del agua con solución y que las raíces también puedan absorber el oxígeno del agua. Esta labor se ejecutó dos veces por día, todos los días.

3.8.10. Control fitosanitario

Se realizó mediante fumigación a nivel foliar, debido a que existió la presencia del gusano defoliador plusia (*Autographa gamma*).

- El control de insectos plaga se ejecutó mediante el uso del insecticida Lamectin Gold, con modo de acción traslaminar de formulación concentrado emulsionable (EC) y composición química a base de: Abamectin y lambda-cyhalothrin. Dosis de fumigación: 0,50 ml por litro de agua. Se aplicó 2 veces en el mes, a partir de la primera semana después del trasplante (ddt)¹⁴.
- Cabe recalcar que no existió la presencia de enfermedades; sin embargo, se usó Cuprofix de formulación gránulos dispersables (WG), composición química a base de: Mancozeb más cooper. Dosis de fumigación: 12,5 g por litro de agua, de igual manera, se aplicó 2 veces en el mes, a partir de los 12 días después del trasplante (ddt)¹⁵.

Para la fumigación tanto del insecticida y del fungicida, se utilizaron atomizadores plásticos pequeños.

3.8.11. Cosecha

La cosecha se la realizó de forma manual. A partir de los 30 días después del trasplante (ddt) se cosecharon todos los cultivares estudiados: Meraviglia Delle Quattro Stagioni, Romana Parris Island, Salad Bowl y Red Salad Bowl.

¹⁴ Lamectin Gold (Dosis recomendada de aplicación). Ficha técnica. Obtenido de: <http://nederagro.com/wp-content/uploads/2020/02/Lamectin-gold.pdf>

¹⁵ Cuprofix. (Dosis recomendada de aplicación). Ficha técnica. Obtenido de: https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/CUPROFIX%20EQ-20181030-123900.pdf

3.9. Datos evaluados

3.9.1. Días a la germinación

Se contaron los días transcurridos desde la siembra de cada cultivar, hasta cuando aparecieron las hojas falsas o cotiledonales del 50% de las semillas que se pusieron a germinar. Los valores se expresaron en número de días.

3.9.2. Porcentaje de germinación

Se determinó el porcentaje de germinación mediante el conteo de las semillas germinadas en comparación con las semillas colocadas en los semilleros. Cabe recalcar, que inicialmente se sembraron 100 semillas de cada cultivar en los semilleros. Los valores fueron expresados en porcentajes.

3.9.3. Altura de la planta

Se midió la altura de la planta a los 15 y 30 después del trasplante, con ayuda de una regla desde la base de la misma, hasta la hoja más sobresaliente en forma longitudinal. Para esta variable se escogieron 8 plantas al azar de cada contenedor, razón por la cual, fueron evaluadas 96 plantas en total de los 12 contenedores. Los valores fueron expresados en centímetros.

3.9.4. Número de hojas por planta

En el momento de la cosecha de cada cultivar (30 ddt), se contó el número de hojas de 8 plantas por contenedor escogidas al azar. Los valores fueron expresados en número de hojas.

3.9.5. Longitud de la hoja

En el momento de la cosecha de cada cultivar (30 ddt), se midió la longitud de una sola hoja de las mismas 8 plantas por contenedor escogidas al azar. La hoja evaluada fue tomada desde la parte media de la planta y se midió su longitud con una regla, desde la parte basal de la hoja hasta el ápice. Los valores se expresaron en centímetros.

3.9.6. Longitud de raíz

En el momento de la cosecha de cada cultivar (30 ddt), se evaluó la longitud de las raíces de las 8 plantas por contenedor seleccionadas al azar. Se realizó la medición desde el cuello de la raíz hasta la cofia con ayuda de una regla. Los valores fueron expresados en centímetros.

3.9.7. Peso de la lechuga sin raíz

En el momento de la cosecha de cada cultivar (30 ddt), se procedió a pesar las 8 plantas por contenedor seleccionadas al azar en fresco y sin raíces, utilizando una balanza de precisión digital. Los valores fueron expresados en gramos.

3.9.8. Rendimiento (kg/1000 m²)

Con el peso obtenido de las lechugas en fresco y sin raíces de las 8 plantas por contenedor anteriormente mencionadas, se procedió a calcular el rendimiento, realizando reglas de tres, donde se tomó como base el peso de las lechugas por metro cuadrado. Los resultados fueron expresados en kg/1000 m².

3.9.9. Análisis económico

El análisis económico se llevó a cabo en función del rendimiento, costos de producción y precio de venta al público (P.V.P) de cada cultivar, con el propósito de conocer la utilidad neta. Después se obtuvo la relación beneficio/costo y finalmente se mostró el mejor tratamiento en términos económicos.

La fórmula utilizada para obtener la utilidad neta fue:

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Todos los ingresos} - \text{Todos los gastos y costos}^{16}$$

La fórmula utilizada para conocer el índice beneficio/costo (B/C) fue:

$$\text{B/C} = \text{Ingresos totales netos o beneficios netos} / \text{Costos de inversión o costos totales}$$

- Un B/C mayor que 1 significa que el proyecto es rentable.
- Un B/C igual o menor que 1 significa que el proyecto no es rentable¹⁷.

¹⁶ Chacón, N. (2015). Herramientas financieras para tu negocio. ¿Cómo calcular la utilidad neta?. Obtenido de: <https://www.gerenciaretail.com/2015/05/15/como-calculo-la-utilidad-neta/>

¹⁷ Arturo, K. (2019). Crece Negocios. ¿Qué es el análisis costo-beneficio?. Obtenido de: <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>

IV. RESULTADOS

4.1. Días a la germinación

En la Tabla 6, se presentan los promedios de los días a la germinación de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 4,08 días y el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 13,54%.

Los cultivares que manifestaron mayor precocidad en la germinación fueron T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) y T3 (Salad Bowl), ya que germinaron en un promedio de 3,33 días, mostrándose estadísticamente iguales ambos cultivares. Continúa T4 (Red Salad Bowl), cuya germinación se produjo en un promedio de 4,67 días; y por último está T2 (Romana Parris Island), que fue el cultivar que tardó más días en germinar, con un promedio de 5 días.

Tabla 6: Días a la germinación de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Días a la germinación (Nº días)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	3,33 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	5,00 b
T3	Salad Bowl	+	3,33 a
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	4,67 ab
Promedio general			4,08
Significancia estadística			*
Coeficiente de variación (%)			13,54

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

*=Significativo

4.2. Porcentaje de germinación

En la Tabla 7, se muestran los promedios en porcentajes de germinación de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 91,92% y el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 1,80%.

El cultivar con mayor porcentaje de germinación fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un promedio del 95,33%, seguido de T3 (Salad Bowl) con el 94,67%, presentándose ambos cultivares estadísticamente iguales. Continúa T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 89,33% y, por último, el cultivar de menor porcentaje de germinación T2 (Romana Parris Island) con un promedio de 88,33%; así mismo, existiendo igualdad estadística entre estos dos últimos cultivares.

Tabla 7: Porcentaje de germinación de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Porcentaje de germinación (%)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	95,33 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	88,33 b
T3	Salad Bowl	+	94,67 a
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	89,33 b
Promedio general			91,92
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			1,80

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.3. Altura de planta

En la Tabla 8, se indican los promedios de la altura de planta a los 15 días después del trasplante (ddt) de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 8,34 cm y el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,72%.

El cultivar de mayor altura a los 15 ddt, fue T2 (Romana Parris Island) con un promedio de 10,56 cm, seguido del cultivar T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un promedio de 9,72 cm. Los cultivares T3 (Salad Bowl) y T4 (Red Salad Bowl), presentaron un promedio de 6,63 cm y 6,44 cm respectivamente, siendo este último, el cultivar de menor crecimiento a los 15 ddt. Cabe recalcar, que no existió igualdad estadística entre los cultivares.

Tabla 8: Altura de planta a los 15 días después del trasplante de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
N°	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Altura planta a los 15 ddt (cm)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	9,72 b
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	10,56 a
T3	Salad Bowl	+	6,63 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	6,44 d
Promedio general			8,34
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,72

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

En la Tabla 9, se presentan los promedios de la altura de planta a los 30 días después del trasplante (ddt) de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 17,46 cm y el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,64%.

El cultivar que mostró mayor altura a los 30 ddt, fue T2 (Romana Parris Island) con un promedio de 23,76 cm, seguido de los cultivares T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con 17,59 cm y T3 (Salad Bowl) con 14,35 cm. El cultivar de menor altura fue T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 14,14 cm. Se menciona también que los cultivares T3 y T4, se presentaron estadísticamente iguales.

Tabla 9: Altura de planta a los 30 días después del trasplante de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Altura planta a los 30 ddt (cm)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	17,59 b
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	23,76 a
T3	Salad Bowl	+	14,35 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	14,14 c
Promedio general			17,46
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,64

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.4. Número de hojas por planta

En la Tabla 10, se presentan los promedios del número de hojas por planta de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 20,54 hojas por planta y el análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,47%.

El cultivar con mayor número de hojas fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), con un promedio de 25,38 hojas por planta; continuando T2 (Romana Parris Island) y T3 (Salad Bowl) con un promedio de 20,88 y 18,63 hojas por planta respectivamente. El cultivar con el menor número de hojas fue T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 17,25 hojas por planta. Es importante mencionar que, los cultivares no se mostraron estadísticamente iguales entre sí.

Tabla 10: Número de hojas por planta de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
N°	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Hojas por planta (N° hojas)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	25,38 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	20,88 b
T3	Salad Bowl	+	18,63 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	17,25 d
Promedio general			20,54
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,47

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.5. Longitud de la hoja

En la Tabla 11, se indican los promedios de la longitud de la hoja de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 17,95 cm y el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,87%.

El cultivar que mostró mayor longitud en la hoja fue T2 (Romana Parris Island) con un promedio de 21,84 cm; seguido de T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con 19,81 cm y de T3 (Salad Bowl) con 15,07 cm. El cultivar con menor longitud en la hoja fue T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 15,06 cm; sin embargo, presentó igualdad estadística con T3.

Tabla 11: Longitud de la hoja de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Longitud hoja (cm)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	19,81 b
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	21,84 a
T3	Salad Bowl	+	15,07 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	15,06 c
Promedio general			17,95
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,87

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.6. Longitud de raíz

En la Tabla 12, se presentan los promedios de la longitud de raíz de los cultivares estudiados. El promedio general obtenido fue de 16,15 cm y el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 1,04%.

El cultivar que expresó mayor longitud de raíz fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un promedio de 16,81 cm, continuando T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 16,11 cm y T3 (Salad Bowl) con 15,97 cm. El cultivar con menor longitud de raíz fue T2 (Romana Parris Island) con un promedio de 15,72 cm. Es importante mencionar, que estos tres últimos cultivares se muestran estadísticamente iguales.

Tabla 12: Longitud de raíz de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Longitud raíz (cm)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	16,81 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	15,72 b
T3	Salad Bowl	+	15,97 b
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	16,11 b
Promedio general			16,15
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			1,04

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.7. Peso de la lechuga sin raíz

En la Tabla 13, se indican los promedios del peso de los cultivares sin raíz que fueron estudiados. El promedio general obtenido fue de 181,76 g y el análisis de varianza demostró diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,24%.

El cultivar que presentó mayor peso sin raíz fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un promedio 193,09 g, continuando T2 (Romana Parris Island) con 186,75 g y T3 (Salad Bowl) con 175,34 g. El cultivar con menor peso sin raíz fue T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 171,84. Cabe recalcar, que no existió igualdad estadística entre cultivares.

Tabla 13: Peso sin raíz de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
Nº	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Peso lechuga sin raíz (g)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	193,09 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	186,75 b
T3	Salad Bowl	+	175,34 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	171,84 d
Promedio general			181,76
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,24

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.8. Rendimiento (kg/1000 m²)

En la Tabla 14, se presentan los promedios del rendimiento de los cultivares que fueron estudiados. El promedio general obtenido fue de 2909,08 kg/1000 m² y el análisis de varianza demostró diferencias altamente significativas entre los cultivares, con un coeficiente de variación de 0,48%.

El cultivar de mayor rendimiento fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un promedio de 3091,33 kg/1000 m², seguido de T2 (Romana Parris Island) y T3 (Salad Bowl) con 2989,67 kg/1000 m² y 2797,00 kg/1000 m², respectivamente. El cultivar con el menor rendimiento fue T4 (Red Salad Bowl) con un promedio de 2758,33 kg/1000 m². Cabe recalcar que los cultivares T3 y T4 se mostraron estadísticamente iguales.

Tabla 14: Rendimiento de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Tratamientos			
N°	Cultivares	Dosis (cc/L agua)	Rendimiento (kg/1000 m ²)
T1	Meraviglia Delle Quattro Stagioni	7 cc/L =	3091,33 a
T2	Romana Parris Island	5 cc/L (Solución A)	2989,67 b
T3	Salad Bowl	+	2797,00 c
T4	Red Salad Bowl	2 cc/L (Solución B)	2758,33 c
Promedio general			2909,08
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			0,48

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**=Altamente significativo

4.9. Análisis económico

En la Tabla 15, se muestra el análisis económico en 1000 m² de los cultivares que fueron estudiados. Se realizó una estimación financiera para 6 meses (incluida la recuperación de la inversión inicial y obtención de ganancias), proporcionando los siguientes resultados: El cultivar T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) fue el que obtuvo mayor utilidad neta con \$47149,94; seguido de T4 (Red Salad Bowl) con \$40256,84 y T3 (Salad Bowl) con \$37365,20. El cultivar con menor utilidad neta fue T2 (Romana Parris Island) con \$25672,40. De igual forma ocurre con el B/C, donde T1 logró un índice mayor con 3,80; continuando T4 con 3,39 y T3 con 3,22. El cultivar con menor índice fue T2 con 2,52. Es importante mencionar, que los semilleros se realicen 15 días antes de cada trasplante, con la finalidad de lograr cosechas en 30 ddt (como se efectuó en la presente investigación).

Tabla 15: Análisis económico en 1000 m² con producción de 16 plantas/m² incluida la inversión inicial (invernadero y contenedores), en cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico en la zona de Babahoyo. UTB, 2020.

Trat.	Rendimiento kg/1000 m ²	Ingresos por cosecha (cada mes)	Ingresos totales 6 meses	Costo semillas	Costo bandejas germinación	Costos agroq.	Costo sales minerales	Costos materiales hidroponía	Invernadero y contened.	Mano obra	Transporte a la Cosecha	Egresos renovac. mensual (sem, sales m, mano o, transp cosech)	Egresos totales (Egr mens. incluido B. germ, agroq y mat hidrop. inv/contened.)	Utilidad neta	Beneficio/ Costo
T1	3091,33	10665,10	63990,60	6,40	378,00	73,5	230,89	5864,60	7540,82	240	20	2983,74	16840,66	47149,94	3,80
T2	2989,67	7085,51	42513,06	6,40	378,00	73,5	230,89	5864,60	7540,82	240	20	2983,74	16840,66	25672,40	2,52
T3	2797,00	9034,31	54205,86	6,40	378,00	73,5	230,89	5864,60	7540,82	240	20	2983,74	16840,66	37365,20	3,22
T4	2758,33	9516,25	57097,50	6,40	378,00	73,5	230,89	5864,60	7540,82	240	20	2983,74	16840,66	40256,84	3,39

Ingresos:

Precio del kilo de lechuga T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni): \$3,45

Precio del kilo de lechuga T2 (Romana Parris Island): \$2,37

Precio del kilo de lechuga T3 (Salad Bowl): \$3,23

Precio del kilo de lechuga T4 (Red Salad Bowl): \$3,45. Por ser lechugas gourmets y encontrarlas en supermercados, los precios estimados se han tomado de “Mi Comisariato”¹⁸.

Egresos de renovación mensual (semillas, sales minerales, mano de obra, transporte de cosecha): \$6,40 + \$230,89 + \$240 + \$20 = \$497,29 (mensual)*6 meses = **\$2983,74**

Costo semillas sobre (4800 semillas por sobre de 6 g): \$1,60 (4 sobres) = \$6,40

Costo sales minerales: Solución A: \$194,20. Solución B: \$36,69 = \$230,89

Mano de obra: Es necesario 2 personas por 100 m². En 1000 m² se necesita 20 personas (\$12 el jornal) = \$240

Transporte a la cosecha: \$20

Egresos sin renovación mensual (bandejas g., agroquímicos, materiales hidroponía e invernadero/contened.): \$378 + \$73,50 + \$5864,6 + \$7540,82 = **\$13856,92**

Costo bandejas germinadoras de 288 alveolos: \$2,25 (56 bandejas) = \$126 (3 cambios realizados) = \$378. (Hacer semilleros 15 días antes del trasplante).

Costos agroquímicos: \$45 (insecticida) + \$28,50 (fungicida) = \$73,50

- Insecticida (Lamectin Gold):

Dosis: 0,5 ml/L. Se utilizó 10ml/20 L agua (cantidad de agua usada en 1000 m²). Se aplica 2 veces por mes = 20 ml (mensual). Costo de 1 L = \$45 que alcanza para 50 aplicaciones.

- Fungicida (Cuprofix):

Dosis: 2,5 Kg/200L. Se utilizó 250 g/20 L agua (cantidad de agua usada en 1000 m²). Se aplica 2 veces por mes = 500 g (mensual)* 6 meses = 3000 g/1000 = 3 Kg, cuyo costo es \$28,50. Costo de 500 g = \$ 4.75

Costos materiales hidroponía: \$4856,6 (plástico negro y espumafón) + \$198 (esponja) + \$810 (papel periódico) = \$5864,6

- Plástico negro doble de 2,5 metros de ancho para cubrir 10 cajones de 2 m de ancho por 50 m de largo (Superficie: 1000 m²): 510 m (\$1,33 el m) = \$678,30 y espumafón: 1000 m² (\$1,75 el m²): \$1750. En total = \$678,30 + \$1750 = \$2428,30 (2 cambios realizados) = \$4856,6
- Esponja (para recortarla en cubos de 3,5 cm): 22 m² (\$1,50 el m²) = \$33 (mensual)*6 meses = \$198
- Papel periódico: 135 lb (\$1 la lb) = \$135 (mensual)* 6 meses = \$810

Invernadero y contenedores (cañas, plástico transparente para cubierta, tablas para contenedores, clavos, alambre galvanizado y de púas para cerco): \$4100,32 (invernadero simple) + \$3440,50 (contenedores) = \$7540,82

Egresos totales (Egresos mensuales, incluido b. germinadoras, agroq. y materiales hidrop. más invernadero/contenedores): \$2983,74 + \$13856,92 = **\$16840,66**

Estimación de duración de materiales con adecuado manejo: Bandejas germinación (2 meses). Materiales hidroponía (3 meses). Pueden durar más tiempo.

¹⁸ Grupo “EL ROSADO” Mi Comisariato. Listado de precios. Obtenido de: <https://www.elrosado.com/Home/ListPreComisariatoInternaG>

V. DISCUSIÓN

Entre los sistemas utilizados para hacer hidroponía, el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF) es el más fácil de construir, ya que se basa en la elaboración de cajones o contenedores, generalmente hechos a base de madera, además de que se lo considera de bajo costo, concordando con (Gilsanz 2007); ya que la inversión inicial se recupera fácilmente y por ende, la obtención de ganancias es rápida.

La solución nutritiva formulada por la FAO que ha sido probada con resultados favorables en otros países, también tuvo éxito en Babahoyo, Provincia de Los Ríos, Ecuador; coincidiendo con (Marulanda e Izquierdo 2003), ya que las lechugas de la presente investigación que fueron fertilizadas con esta solución, presentaron un adecuado desarrollo y no se observó ningún síntoma de deficiencia nutricional durante todo el ciclo. Cabe recalcar, que desde el momento en que se trasplantan las plantas de lechuga al sistema hidropónico con la solución, éstas se adaptan muy fácilmente y es evidente el rápido crecimiento que logran día tras día, razón por la cual, su cosecha puede ser mensual o en menor tiempo, dependiendo el cultivar.

Generalmente la cosecha de lechugas mediante sistemas hidropónicos, se efectúa alrededor de los 30 a 35 días, alcanzando gramajes que van desde los 150 g, estando de acuerdo con (Alvarado et al. 2001), debido a que en la presente investigación, se efectuó la cosecha a los 30 días con lechugas que obtuvieron un peso promedio general de 181,76 gramos.

La lechuga es uno de los cultivos que se adapta muy fácilmente a la hidroponía, concordando con (Gilsanz 2007), porque todos los cultivares de lechuga respondieron positivamente al sistema hidropónico de raíz flotante (SRF), ya que su proceso de crecimiento fue normal, manteniéndose siempre turgentes y con coloración vivaz, distintiva de cada uno de los cultivares.

La única plaga que se mostró en el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF) expuesto en la presente investigación, fueron gusanos defoliadores, concordando con (Marulanda e Izquierdo 2003), ya que los autores mencionan que dicha plaga es la más frecuente en todo tipo de sistemas hidropónicos.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

El comportamiento agronómico más favorable de los cuatro cultivares de lechuga mediante sistema hidropónico de raíz flotante (SRF) en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, fue de T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), ya que presentó los mayores promedios en: Días a la germinación (3,33 días) y un alto porcentaje de germinación (95,33%). Al momento de la cosecha, alcanzó mayor número de hojas por planta con (25,38 hojas); mayor longitud de raíz (16,81 cm) y mayor peso en fresco y sin raíz (193,09 g). El cultivar T2 (Romana Parris Island), en cambio mostró los mayores promedios en: Altura de la planta a los 15 y 30 ddt (10,56 cm y 23,76 cm respectivamente) y longitud de la hoja a la cosecha (21,84 cm). Los cultivares T3 (Salad Bowl) y T4 (Red Salad Bowl), fueron los que presentaron los promedios más bajos en la mayoría de los datos evaluados referentes al comportamiento agronómico.

Se logró establecer con éxito el cultivo de lechuga mediante el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF), en conjunto con el uso de la solución nutritiva de la FAO, demostrando ser un sistema sencillo y muy útil a la vez, ya que da lugar a que los cultivares de lechuga puedan crecer y desarrollarse de forma apropiada hasta el momento de la cosecha.

El cultivar más productivo a la cosecha fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), ya que alcanzó el mayor rendimiento con un promedio de 3091,33 kg/1000 m², razón por la cual, en el análisis económico realizado (estimación financiera para un período de tiempo de 6 meses), se obtuvo una utilidad neta de \$47149,94 (incluida la recuperación de inversión inicial).

En base al análisis económico, el cultivar con mayor B/C, fue T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) con un índice de 3,80; seguido de T4 (Red Salad Bowl) con 3,39; T3 (Salad Bowl) con 3,22 y T2 (Romana Parris Island) con 2,52; lo que significa que el proyecto es totalmente rentable y que se puede trabajar con cualquiera de los cultivares que fueron estudiados mediante la utilización de la hidroponía.

En base a las conclusiones, se recomienda:

Trabajar con hidroponía y la solución nutritiva de la FAO, debido a que es un sistema de producción que permite cosechar las hortalizas de hoja como la lechuga en menor tiempo del que habitualmente dura su ciclo; debido a que se proporcionan las dosis exactas de nutrientes que las plantas requieren para un adecuado comportamiento agronómico, sin que se presente en ningún momento algún síntoma de deficiencia nutricional.

Se recomienda utilizar el sistema hidropónico de raíz flotante (SRF), debido a que es muy práctico y fácil de manejar. Además, su construcción, es a base de materiales de bajo costo y dentro de cada contenedor caben más plantas por m² que cultivándolas en suelo; razón por la cual, se puede recuperar la inversión inicial de forma rápida.

Se recomienda emplear el cultivar T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, debido a que presenta mejor adaptación a las condiciones climatológicas del lugar y alcanza altos promedios en rendimiento; lo que permite conseguir utilidades representativas.

Se recomienda usar cultivares de lechuga coloridos y novedosos como T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni) y T4 (Red Salad Bowl) que poseen colores rojizos y verdes, ya que su precio de venta es más elevado, en comparación al de las lechugas T3 (Salad Bowl) y T2 (Romana Parris Island) que son de coloración verde.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Área de Agricultura Orgánica de la Granja Experimental "San Pablo", Facultad de Ciencias de Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. Las coordenadas geográficas del sitio son: Este: 669097,17 UTM y Norte: 9'801368,24 UTM, con altitud de 8,05 msnm, clima tropical húmedo, temperatura anual de 26,2 °C y precipitación de 1815 mm/año. Cuenta también con una humedad relativa anual del 76% y 702 horas de heliofanía promedio anual. El objetivo de la investigación, fue estudiar el comportamiento agronómico de cuatro cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante sistema hidropónico de raíz flotante (SRF) durante un periodo de 30 ddt. Para la fertilización, se utilizó la solución nutritiva de la FAO, la misma que se compone de dos soluciones concentradas: Solución Concentrada A, que aporta los macronutrientes y se aplica en dosis de 5cc/L de agua y Solución Concentrada B, que brinda los micronutrientes a la planta y se emplea en dosis de 2 cc/L de agua. Los cultivares de lechuga manejados fueron: T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), T2 (Romana Parris Island), T3 (Salad Bowl) y T4 (Red Salad Bowl). Cada tratamiento o cultivar constaba de un área de 1 m² por contenedor y se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, agrupados en 4 tratamientos y 3 repeticiones. Para determinar la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos, se usó la prueba de Tukey con 5% de significancia. Los datos evaluados fueron: Días a la germinación, porcentaje de germinación, altura de planta (a los 15 y 30 ddt) y al momento de la cosecha (30 ddt) se evaluó: Número de hojas por planta, longitud de la hoja, longitud de raíz, peso de la lechuga sin raíz, rendimiento (kg/1000 m²) y el análisis económico. Con los resultados obtenidos, se concluyó que el cultivar T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), es el que se acopló de mejor manera al sistema de hidropónico de raíz flotante (SRF) con la solución nutritiva de la FAO y bajo las condiciones climáticas de la zona de Babahoyo; ya que germinó pronto (en un promedio de 3 días aproximadamente) y con alto porcentaje de germinación (con un promedio de 95,33%). A la cosecha, presentó el mayor rendimiento entre cultivares, con un promedio de 3091,33 kg/1000 m² al mes. Además, al ser considerada una lechuga gourmet por su combinación de colores entre rojizos y verduzcos, tiene un precio muy rentable en el mercado (\$3,45/kg), permitiendo conseguir excelentes ganancias, como lo demuestra el análisis económico que, en un lapso de 6 meses, se recuperaron los costos de inversión inicial y se adquirió una utilidad de \$47149,94.

Palabras claves: Lechuga, hidroponía, FAO, rendimiento.

VIII. SUMMARY

This research work was carried out in the Organic Agriculture Area of the Experimental Farm "San Pablo", Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo. The geographical coordinates of the site are: East: 669 097,17 UTM and North: 9'801 368,24 UTM, with an altitude of 8,05 masl, humid tropical climate, annual temperature of 26,2 °C and precipitation of 1815 mm/year. It also has an annual relative humidity of 76% and 702 hours of annual average heliophany. The objective of the research, was to study the agronomic behavior of four cultivars of lettuce (*Lactuca sativa L.*) using a hydroponic floating root system (SRF) during a period of 30 days after transplant. For fertilization, the FAO nutritional solution was used, which is made up of two concentrated solutions: Concentrated Solution A, which provides the macronutrients and is applied in doses of 5cc/L of water and Concentrated Solution B, which provides the micronutrients to the plant and is used in doses of 2 cc/L of water. The lettuce cultivars managed were: T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), T2 (Romana Parris Island), T3 (Salad Bowl) and T4 (Red Salad Bowl). Each treatment or cultivar consisted of an area of 1 m² per container and were distributed in a randomized complete block design, grouped into 4 treatments and 3 replications. Tukey's test with 5% significance was used to determine the statistical difference between the means of the treatments. The evaluated data were: Days to germination, percentage of germination, plant height (at 15 and 30 days after transplant) and at the time of harvest (30 days after transplant): Number of leaves per plant, leaf length, length root, weight of lettuce without root, yield (kg/1000 m²) and economic analysis. With the results obtained, it was concluded that the cultivar T1 (Meraviglia Delle Quattro Stagioni), is the one that was best coupled to the floating root hydroponic system (SRF) with the FAO nutritive solution and under the climatic conditions of the Babahoyo area; since it germinated early (in an average of approximately 3 days) and with high percentage of germination (with an average of 95,33%). At harvest, it presented the highest yield among cultivars, with an average of 3091,33 kg/1000 m² per month. In addition, being considered a gourmet lettuce for its combination of colors between reddish and greenish, it has a very profitable price in the market (\$3,45/kg), allowing to achieve excellent profits, as demonstrated by the economic analysis that, in a period 6 months, the initial investment costs were recovered and a profit of \$47149,94 was acquired.

Keywords: Lettuce, hydroponics, FAO, yield.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Agudelo, E; Alonso, JC; Moya, L. 2006. Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la agricultura en el área de integración fronteriza Colombo-Peruana del Río Putumayo (en línea). Bogotá-Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas «SINCHI»; Instituto Nacional de Desarrollo «INADE». 35 p. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=IZ5vAwAAQBAJ&pg=PA35&dq=dureza+del+agua+en+agricultura&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiSy-_uyJ3pAhVHd6wKHYeRD0oQ6AEINTAC#v=onepage&q=dureza%20del%20agua%20en%20agricultura&f=false.

Alvarado, D; Chávez, F; Wilhelmina, K. 2001. Seminario de Agronegocios: Lechugas hidropónicas (en línea). s.l., Universidad del Pacífico. Disponible en https://www.academia.edu/17283577/Producci%C3%B3n_de_Lechugas_Hidrop%C3%B3nicas.

Bosques, J. 2010. Curso Básico de Hidroponía (en línea). Bogotá-Colombia, Editorial lulu.com. 42-47, 52 p. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=GV_XAQAQBAJ&pg=PA51&dq=hidroponia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiPrKLL2r3oAhWPhOAKHSrpBokQ6AEITTAf#v=onepage&q=hidroponia&f=false.

Cámara de Comercio de Bogotá. 2015. Manual Lechuga (en línea). s.l., Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial. Disponible en <file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Lechuga.pdf>.

Carrasco, G; Izquierdo, J. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante «NFT». (en línea). Chile, Universidad de Talca. 32-33, 37-38 p. Disponible en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/docrep/rlc1050s.pdf.

Cecchini, T; Ticli, B. 2016. El libro de las hierbas medicinales (en línea). s.l., Editorial De Vecchi, S. A. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=HnNrDQAAQBAJ&pg=PT381&dq=propiedades+medicinales+de+lechuga&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwj18jDoJ3pAhVjUd8KHVIACHYQ6AEITzAF#v=onepage&q=propiedades%20medicinales%20de%20lechuga&f=false.

FAO. Cartillas capacitación. s. f. Hidroponía Simplificada (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/hidrosim/1.pdf.

FAO. Manuales Hidroponía. s. f. Manual de Enfermedades en Hidroponía (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/integra2.pdf.

Gilsanz, J. 2007. Hidroponía (en línea). s.l., Programa Nacional de Producción Hortícola Est. Expt. Las Brujas. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>.

Granizo, Á. 2013. Efecto de tres tipos de sustratos sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), con riego hidropónico a través del sistema pet-tree, en la ciudad de Guayaquil. (en línea). Guayaquil-Ecuador, Universidad Agraria del Ecuador. 9 p. Disponible en https://issuu.com/angelgranizo/docs/tesis_final/29.

Groho España. 2020. Fases de cultivo de lechuga en sistema de cultivo hidropónico - NFT | Hidroponía España I Cultivos Hidropónicos - Tienda Oficial (en línea, sitio web). Consultado 8 abr. 2020. Disponible en <https://www.groho.es/post/fases-de-cultivo-de-lechuga-en-sistema-de-cultivo-hidroponico-nft>.

Jaramillo, J; Aguilar, PA; Espitia, EM; Tamayo, PJ; Argüello, O; Guzmán, M. 2014. Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño (en línea). s.l., Corpoica. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472_65800.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Kuhne, S; Burth, U; Marx, P. 2011. Cuidado de cultivos biológicos al aire libre (en línea). México, Editorial Mundi-Prensa Libros. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=K5OA63b5I7EC&pg=PA138&dq=afidos+lechuga&h>

l=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjh9pyzmJ7pAhUMh-AKHee8Cu8Q6AEIOjAC#v=onepage&q=afidos%20lechuga&f=false.

López, B. 2016. Diagnóstico de la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* L.) en el Valle Santa Catalina, Trujillo, La Libertad. (en línea). Trujillo-Perú, Universidad Nacional de Trujillo. 7-10,15 p. Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7749/L%C3%93PEZ%20S%C3%81N%20CHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Marulanda, C; Izquierdo, J. 2003. La Huerta Hidropónica Popular (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>.

Medina, F. 2017. Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga (en línea). s.l., s.e. Disponible en <file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/9945-Texto%20del%20art%C3%ADculo-11489-1-10-20170329.pdf>.

Mendoza, A. 2017. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) hidropónica en sistema recirculante “NFT” tipo piramidal con tres niveles de aireación. (en línea). Arequipa-Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 9 p. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6359/AGmeroam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Palomino, K. 2008. Hidroponía Comercial (tomates y lechugas). 1era Edición. Perú, Editorial Macro EIRL. 17-21, 87-121 p.

Pamplona, J. 2006. Salud por las plantas medicinales (en línea). 1era Edición. Madrid-España, Editorial Safeliz, S. L. 73 p. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=nqPa43IuMDcC&pg=PA73&dq=propiedades+medicinales+de+lechuga&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj18jDoJ3pAhVjUd8KHVIACHYQ6AEIRzAE#v=onepage&q&f=false>.

Pérez, M; Romero, J. 2001. Prácticas de Ecología Oceánica (en línea). 1era Edición. España, Universidad de Barcelona. 81,82 p. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=wy8IO_9_dqYC&pg=PA81&dq=oximetro&hl=es-

419&sa=X&ved=0ahUKEwimydxlv53pAhUlgK0KHawoBF4Q6AEINTAC#v=onepage&q=oximetro&f=false.

Raven, P; Evert, R; Eichhorn, S. 1992. Biología de las plantas (en línea). 4ta Edición. Barcelona-España, Editorial Reverté, S. A. 519 p. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=xvNd3udrh1YC&pg=PA520&dq=funciones+de+nutrientes+plantas&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwiAjbD20Z3pAhVKQq0KHS1vBoUQ6AEIJzAA#v=onepage&q=funciones%20de%20nutrientes%20plantas&f=false.

Rivera, Y; Moreno, L; Herrera, M; Romero, H. 2016. La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. :11.

Saavedra, G; Corradini, F; Antúnez, A; Felmer, S; Estay, P; Sepúlveda, P. 2017. Manual de producción de lechuga (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>.

Santos, B; Ríos, D. 2016. Cálculo de Soluciones Nutritivas en suelo y sin suelo (en línea). 1era Edición. s.l., Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. 20 p. Disponible en http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf.

Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas. 2018. Lactuca sativa (en línea). s.l., SINAVIMO. Consultado 25 mar. 2020. Disponible en file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/sistema_nacional_argentino_de_vigilancia_y_monitoreo_de_plagas_-_lactuca_sativa_-_2018-08-29.pdf.

Smithers, O. s.f. Manual de hidroponía (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.oasisgrowersolutions.com/pdf/mx/manual-hidroponia.pdf>.

Syngenta. 2016. Larvas de lepidópteros en lechuga (en línea, sitio web). Consultado 14 abr. 2020. Disponible en <https://www.syngenta.es/cultivos/lechuga-escarola-espinaca/plagas/larvas-de-lepidopteros>.

TvAgro. 2014. Cómo cultivar Lechuga Hidropónica Parte 1 - Tv agro By Juan Gonzalo Ángel (en línea). Colombia, s.e. Consultado 8 abr. 2020. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=rMaRj-pVcso>.

Ube, R. 2014. Adaptación y comportamiento agronómico de dos “variedades de acelga (*Beta vulgaris*), sembradas mediante sistema hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo. (en línea). Babahoyo-Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 19 p. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/683/T-UTB-FACIAG-AGR-000119.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zárate, M. 2014. Manual de Hidroponía (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf.

X. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de la varianza

Días a la germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días a la germinación	12	0,83	0,69	13,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,08	5	1,82	5,95	0,0254
Repeticiones	2,17	2	1,08	3,55	0,0963
Tratamientos	6,92	3	2,31	7,55	0,0185
Error	1,83	6	0,31		
Total	10,92	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,56239

Error: 0,3056 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	3,33	3	0,32 A
T3	3,33	3	0,32 A
T4	4,67	3	0,32 A B
T2	5,00	3	0,32 B

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

Porcentaje de germinación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje Germinación	12	0,88	0,79	1,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	126,42	5	25,28	9,19	0,0088
Repeticiones	10,17	2	5,08	1,85	0,2369
Tratamientos	116,25	3	38,75	14,09	0,0040
Error	16,50	6	2,75		
Total	142,92	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,68718

Error: 2,7500 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	95,33	3	0,96 A
T3	94,67	3	0,96 A
T4	89,33	3	0,96 B
T2	88,33	3	0,96 B

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

Altura de la planta a los 15 ddt

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura planta (cm)	15 ddt	12	1,00	1,00 0,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40,13	5	8,03	2248,30	<0,0001
Repeticiones	0,04	2	0,02	4,98	0,0532
Tratamientos	40,09	3	13,36	3743,85	<0,0001
Error	0,02	6	3,6E-03		
Total	40,15	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16887

Error: 0,0036 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	10,56	3	0,03	A
T1	9,72	3	0,03	B
T3	6,63	3	0,03	C
T4	6,44	3	0,03	D

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

Altura de la planta a los 30 ddt

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura planta (cm)	30 ddt	12	1,00	1,00 0,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	181,17	5	36,23	2927,97	<0,0001
Repeticiones	0,03	2	0,02	1,23	0,3577
Tratamientos	181,14	3	60,38	4879,13	<0,0001
Error	0,07	6	0,01		
Total	181,24	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,31443

Error: 0,0124 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	23,76	3	0,06	A
T1	17,59	3	0,06	B
T3	14,35	3	0,06	C
T4	14,14	3	0,06	C

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

Datos evaluados a la cosecha (30 ddt)

Número de hojas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hojas por planta..	12	1,00	1,00	0,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113,98	5	22,80	2498,17	<0,0001
Repeticiones	0,07	2	0,04	3,85	0,0839
Tratamientos	113,91	3	37,97	4161,04	<0,0001
Error	0,05	6	0,01		
Total	114,03	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27000

Error: 0,0091 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	25,38	3	0,06	A
T2	20,88	3	0,06	B
T3	18,63	3	0,06	C
T4	17,25	3	0,06	D

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

Longitud de la hoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de la hoja	12	1,00	1,00	0,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	105,68	5	21,14	875,79	<0,0001
Repeticiones	1,9E-03	2	9,3E-04	0,04	0,9623
Tratamientos	105,68	3	35,23	1459,63	<0,0001
Error	0,14	6	0,02		
Total	105,82	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43909

Error: 0,0241 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	21,84	3	0,09	A
T1	19,81	3	0,09	B
T3	15,07	3	0,09	C
T4	15,06	3	0,09	C

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

Longitud de la raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud raíz	12	0,92	0,86	1,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,03	5	0,41	14,30	0,0028
Repeticiones	0,07	2	0,04	1,29	0,3423
Tratamientos	1,95	3	0,65	22,97	0,0011
Error	0,17	6	0,03		
Total	2,20	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47574

Error: 0,0283 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	16,81	3	0,10	A
T4	16,11	3	0,10	B
T3	15,97	3	0,10	B
T2	15,72	3	0,10	B

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

Peso de la lechuga sin raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso lechuga sin raíz	12	1,00	1,00	0,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	879,36	5	175,87	939,78	<0,0001
Repeticiones	0,59	2	0,29	1,57	0,2837
Tratamientos	878,78	3	292,93	1565,26	<0,0001
Error	1,12	6	0,19		
Total	880,48	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,22273

Error: 0,1871 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	193,09	3	0,25	A
T2	186,75	3	0,25	B
T3	175,34	3	0,25	C
T4	171,84	3	0,25	D

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

Rendimiento (kg/1000m²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/1000 m2	12	0,99	0,99	0,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	225087,08	5	45017,42	232,88	<0,0001
Repeticiones	96,17	2	48,08	0,25	0,7874
Tratamientos	224990,92	3	74996,97	387,97	<0,0001
Error	1159,83	6	193,31		
Total	226246,92	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=39,29772

Error: 193,3056 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	3091,33	3	8,03	A
T2	2989,67	3	8,03	B
T3	2797,00	3	8,03	C
T4	2758,33	3	8,03	C

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

Anexo 2: Fotografías

Figura 1: Construcción del vivero semicerrado

Figura 2: Construcción y acondicionamiento de los contenedores de madera

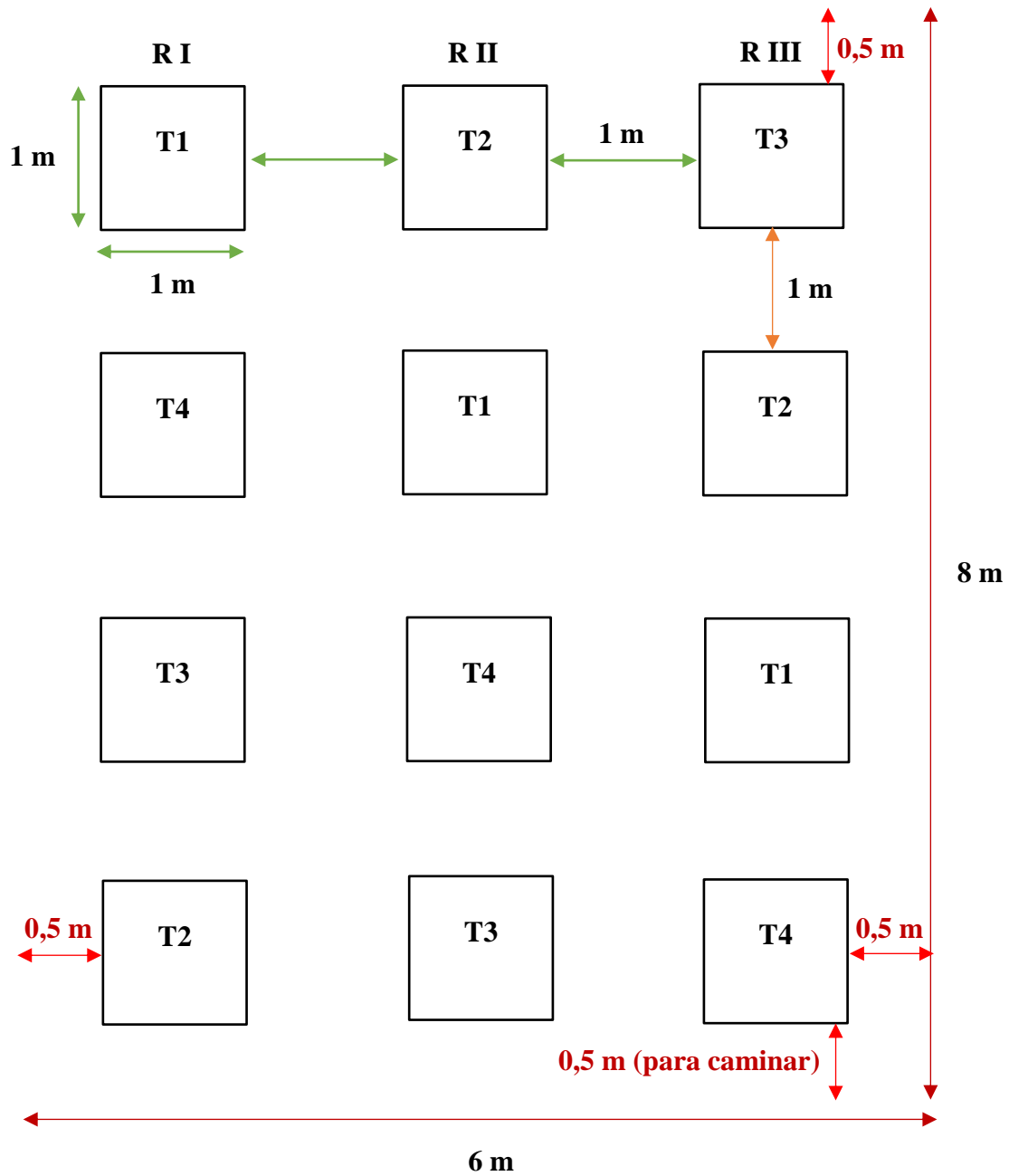
Figura 3: Elaboración de la Solución nutritiva de la FAO

Figura 4: Trasplante de cultivares de lechugas al sistema hidropónico de raíz flotante (SRF)

Figura 5: Visita del Ing. Nessar Rojas, docente técnico del área de Vinculación FACIAG

Figura 6: Cosecha de los cultivares de lechuga

Anexo 3: Diseño de campo



Área total = 48 m²