

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas

### Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica



“COMPARACIÓN DEL EFECTO SOBRE LA BIOMASA Y TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA HIDROPÓNICA (*Lactuca sativa* sp) DE UNA SOLUCIÓN ESTÁNDAR FRENTE A UN PREPARADO DE MICROALGAS (*Spirulina* sp)”

**Tesis presentada por los Bachilleres:**

Christian Roberto Chávez Jasahui

Medalit Melgar Mendoza

**Para optar el título profesional de:**

INGENIERO BIOTECNÓLOGO

AREQUIPA-PERÚ

2016

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN .....X

ABSTRACT.....XII

Cap. I Introducción .....01

1.1 Objetivos .....03

1.2 Hipótesis .....04

Cap. II Marco Teórico .....05

2.1 Lechugas hidropónicas (*Lactuca sativa sp*) .....05

2.2 Descripción de la hidroponía .....06

2.3 Clasificación de los sistemas hidropónicos .....08

2.4 Nutrición mineral .....11

2.5 Soluciones nutritivas .....17

2.6 Conductividad eléctrica .....17

2.7 pH.....18

2.8 Temperatura .....18

2.9 Microalgas .....18

Cap. III Materiales y métodos.....25

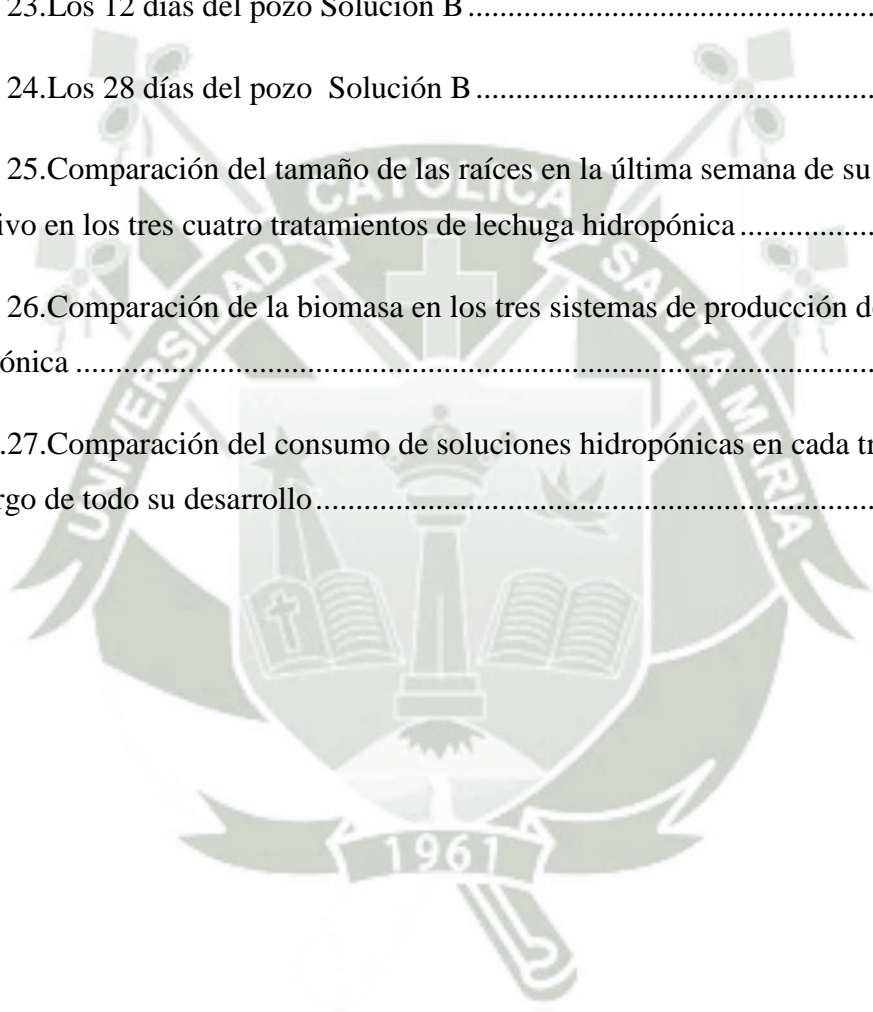
3.1 Lugar de ejecución.....25

3.2 Materiales.....	25
3.3 Métodos .....	26
3.4 Flujograma de actividades .....	34
Cap. IV Resultados y Discusión .....	35
4.1 Formulación de las soluciones A y B .....	35
4.2 Formulación del preparado de microalga ( <i>spirulina sp</i> ).....	35
4.3 Siembra de las lechugas camas flotantes (segundo trasplante).....	37
4.4 Acondicionamiento de los pozos en el proyecto .....	41
4.5 Características morfológicas y de biomasa.....	59
4.6 Evaluación de costos en cada tratamiento en el proyecto según los insumos empleados.....	65
4.7 Evaluación del costo detallado de los insumos de cada tratamiento según los volúmenes utilizados.....	68
4.8 Tiempo de producción de la lechuga ( <i>Lactuca sativa sp</i> ) .....	69
Conclusiones.....	71
Sugerencias .....	72
Bibliografía .....	73
Anexos .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Spirulina sp</i> vista desde el microscopio .....	22
Figura 2. <i>Spirulina sp</i> utilizada en el desarrollo de los tratamientos .....	35
Figura 3. <i>Spirulina sp</i> en polvo.....	35
Figura 4. Preparado de microalgas <i>Spirulina sp</i> .....	36
Figura 5. Camas flotantes de primer trasplante de lechuga ( <i>Lactuca sativa sp</i> ) lista para su envasado.....	37
Figura 6. Envasado de las lechugas ( <i>Lactuca sativa sp</i> ) en el primer trasplante....	37
Figura 7. Poza para realizar el segundo trasplante definitivo de lechuga.....	38
Figura 8.Las 4 pozas de concreto para la utilización del segundo trasplante definitivo de lechugas ( <i>Lactuca sativa sp</i> ).....	38
Figura 9.Siembra de lechugas ( <i>Lactuca sativa sp</i> ) al segundo trasplante definitivo.....	39
Figura 10. Siembra del pozo estándar (segundo trasplante definitivo.....	39
Figura 11.Pozos del proyecto.....	40
Figura 12.Módulo Blanco del Proyecto.....	41
Figura 13.Los primeros 5 días de realizado el segundo trasplante en el pozo estándar.....	44
Figura 14.Los 15 días de cultivo pozo estándar.....	45
Figura 15.Los 28 días de cultivo en el pozo estándar.....	46
Figura 16.El módulo solución.....	49
Figura 17.Los 15 días del pozo Solución A.....	50

Figura 18.Los 30 días del pozo Solución.....	51
Figura 19.Biomasa de la lechuga del pozo solución A, a los 37 días.....	52
Figura 20.Biomasa de la lechuga del pozo solución A, a los 37 días.....	52
Figura 21.Los 38 días del pozo solución A.....	53
Figura 22.Los 07 días del pozo solución B.....	55
Figura 23.Los 12 días del pozo Solución B .....	55
Figura 24.Los 28 días del pozo Solución B .....	56
Figura 25.Comparación del tamaño de las raíces en la última semana de su procesos evolutivo en los tres cuatro tratamientos de lechuga hidropónica .....	59
Figura 26.Comparación de la biomasa en los tres sistemas de producción de lechuga hidropónica .....	61
Figura.27.Comparación del consumo de soluciones hidropónicas en cada tratamiento a lo largo de todo su desarrollo .....	62



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la Spirulina sp.....	22
Tabla 2. Minerales constituyentes de la Spirulina sp.....	24
Tabla 3. Escala de valoración según el color obtenido en los tratamientos a las lechugas ( <i>Lactuca sativa</i> sp) hidropónicas.....	32
Tabla 4. Control de pH en el pozo en blanco .....	41
Tabla 5. Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo en Blanco.....	42
Tabla 6. Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo en Estándar .....	43
Tabla 7. Control de pH en el pozo estándar.....	44
Tabla 8. Evaluación de la cantidad de solución en el pozo estándar .....	46
Tabla 9. Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo Sol. A .....	47
Tabla 10. Control de pH en el tratamiento Solución A .....	48
Tabla 11. Evaluación de la cantidad de solución en el pozo Sol A .....	50
Tabla 12. Control de pH en el pozo Sol. B .....	54
Tabla 13. Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo Sol. B.....	54
Tabla 14. Evaluación de la cantidad de solución en el pozo Solución B .....	56
Tabla 15. Evaluación de la biomasa en los tres tratamientos de producción.....	57
Tabla 16. Evaluación del tamaño de las raíces en los cuatro tratamientos de producción de lechuga hidropónica .....	58
Tabla 17. Escala de valoración para los cuatro tratamientos empleados en la producción de lechuga hidropónica.....	60
Tabla 18. Contenido de soluciones consumidas en cada tratamiento del proyecto..	61
Tabla 19. Costo de las soluciones hidropónicas para el tratamiento estándar.....	63

Tabla 20. Costo de las solución hidropónica A y del preparado de Spirulina.....63

Tabla 21. Costo de las solución hidropónica B y del preparado de Spirulina .....64

Tabla 22. Costo de cada tratamiento según los volúmenes utilizados en el  
proyecto.....65



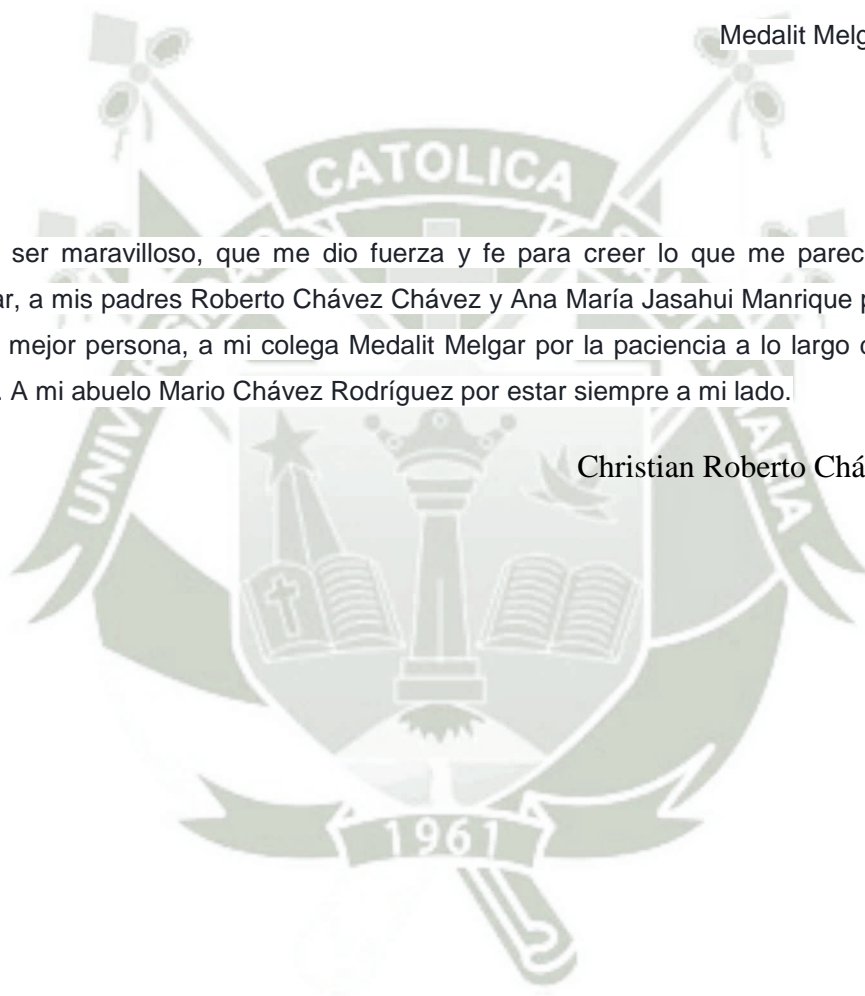
## DEDICATORIAS

A Dios, que a través de mis oraciones nunca dejo de protegerme y alentarme a estar en pie y lograr mis objetivos; a mi padre Ciro Melgar Flores por su absoluta confianza en mi capacidad, a mi madre Yeni Mendoza de Melgar por sus ruegos y oraciones a Dios para que me den la fuerza de terminar mi proyecto, al Sr. Roberto Chávez Chávez por brindarme todos los conocimientos sobre mi proyecto y abrirme las puertas de su empresa y a mis amados esposo Dr. Lucio Abel Romero Iruri e hija Luciana Romero Melgar por ser el motor y motivo en todo este camino.

Medalit Melgar Mendoza

A Dios ser maravilloso, que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar, a mis padres Roberto Chávez Chávez y Ana María Jasahui Manrique por hacer de mí una mejor persona, a mi colega Medalit Melgar por la paciencia a lo largo de todo este tiempo. A mi abuelo Mario Chávez Rodríguez por estar siempre a mi lado.

Christian Roberto Chávez Jasahui



## AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor, PhD José Antonio Villanueva Salas, por sus contribuciones en la elaboración de esta tesis, por su apoyo y orientación a lo largo de este trabajo.

Agradecer igualmente Al Mgter Ing. Fredy Molina Rodríguez por sus sabios consejos y así como a todos sus valiosos aportes.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo comprobar el efecto de sustituir una solución hidropónica por un preparado de microalgas (*Spirulina sp.*), en el cultivo de lechugas hidropónicas (*Lactuca sativa sp*) en sistema de raíz flotante a pequeña escala; se realizó el proyecto con cuatro tratamientos:

El primero fue un medio provisto solo de agua potable a lo largo de todo el desarrollo de la lechuga hidropónica, el cual se llamó medio blanco en el cual no se pudo obtener lechugas adecuadas en cuanto a su biomasa para la comercialización, por tal motivo no se consideró ninguna lechuga con este tratamiento para el comercio y ninguna fue apta para el consumo particular o familiar.

El segundo fue un medio con las condiciones habituales empleadas en el cultivo de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa sp*) sistema raíz flotante, con la adición de los nutrientes usualmente empleados a este sistema, solución hidropónica A y solución hidropónica B, a este tratamiento se le llamó medio estándar, aquí se obtuvo una biomasa entre 49 g y 128 g, lechugas (*Lactuca sativa sp*) turgentes y con el color adecuado a los parámetros establecidos por la empresa La Chiguateña para su comercialización.

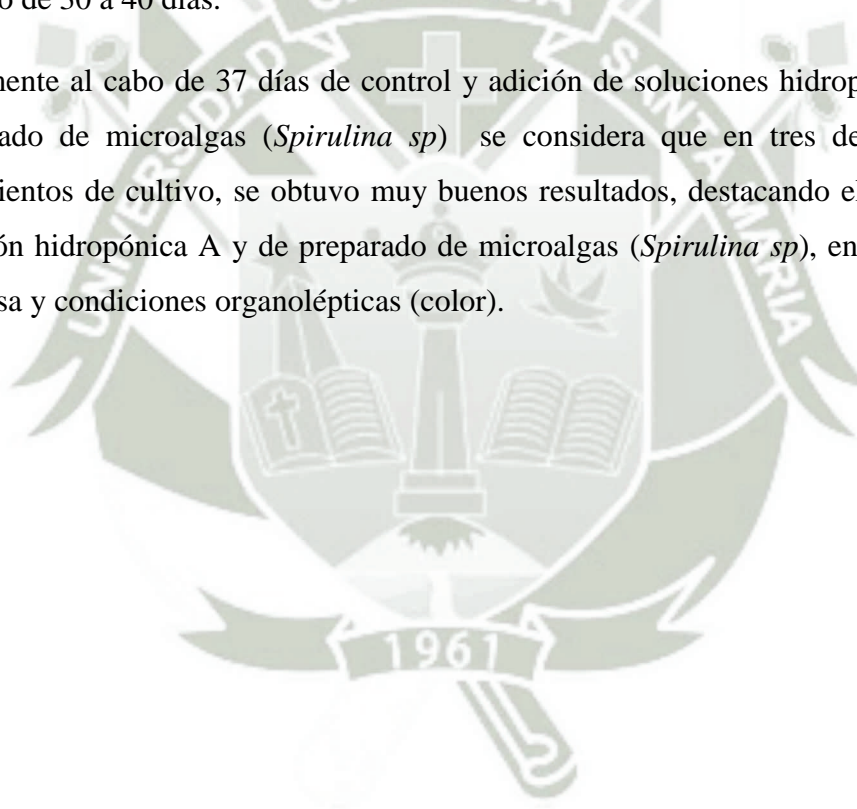
Un tercer tratamiento al cual le adicionó solución hidropónica A y el preparado de microalgas (*Spirulina sp.*) a lo largo de todo su desarrollo, obteniendo muy buenos resultados en cuanto a su biomasa entre 117 g y 167 g, lechugas (*Lactuca sativa sp*)

turgentes con el color adecuado a los parámetros determinados por la empresa La Chiguateña aptos para su comercio.

Terminando con un cuarto tratamiento al que se adicionó solución hidropónica B y el preparado de microalgas (*Spirulina* sp.), en cual los pesos que se obtuvo oscilaron entre 34 g y 60 g, los mismos que no se ajustaron a los parámetros establecidos por la empresa La Chiguateña para una hidroponía comercial, pero si se consideraron como parte de una hidroponía casera o de consumo familiar.

Se consideró parámetros como temperatura, conductividad eléctrica, pH, medición de las raíces y condiciones organolépticas (color) a lo largo de todo el periodo de crecimiento de la lechuga hasta el día de su cosecha, la cual se desarrolló en un periodo de 30 a 40 días.

Finalmente al cabo de 37 días de control y adición de soluciones hidropónicas y de preparado de microalgas (*Spirulina* sp) se considera que en tres de los cuatro tratamientos de cultivo, se obtuvo muy buenos resultados, destacando el sistema de solución hidropónica A y de preparado de microalgas (*Spirulina* sp), en cuanto a la biomasa y condiciones organolépticas (color).



## ABSTRACT

This research aimed to test the effect of replacing a hydroponic solution for microalgae prepared in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa sp*) in floating root system on a small scale (*Spirulina sp.*); the project was carried out with four treatments:

The first was provided only drinking water throughout the development of hydroponic lettuce medium which white middle was called in which failed to get appropriate in terms of biomass for marketing lettuce, for this reason not he saw no lettuce with this treatment for trade and none were suitable for individual or family consumption.

The second was a system with standard conditions used in growing hydroponic lettuce (*Lactuca sativa sp*) floating root system, with the addition of nutrients usually used to this system, hydroponics A solution hydroponic solution B, this treatment is I called standard means, here a biomass was obtained between 49 g and 128 g, lettuce (*Lactuca sativa sp*) turgid and color appropriate to the parameters established by the company La Chiguateña for marketing.

A third treatment to which he added hydroponic solution A and the preparation of microalgae (*Spirulina sp.*) Along its entire development, obtaining very good results in terms of biomass between 117 g and 167 g, lettuce (*Lactuca sativa sp*) Urgent with the color appropriate to the parameters determined by the company's Chiguateña suitable for trade.

Ending with a fourth treatment to which hydroponic solution B and the preparation of microalgae was added (*Spirulina sp.*), In which the weights obtained ranged between 34 g and 60 g, the same that did not conform to the parameters established by the company the Chiguateña for a commercial hydroponics, but were considered as part of a home or family consumption hydroponics.

parameters such as temperature, electrical conductivity, pH, measurement of roots and organoleptic properties (color) throughout the entire period of growth of lettuce until the day of their harvest, which was developed over a period of 30 to be considered 40 days.

Finally after 37 days control and addition of hydroponic solutions and prepared microalgae (*Spirulina sp*) it is considered that in three of the four culture treatments,

very good results are obtained, highlighting the system hydroponic solution A and prepared microalgae (*Spirulina sp*), in terms of biomass and organoleptic (color).



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mercado de productos agrícolas se ve afectado por los altos costos de producción, y la fuerte demanda de los consumidores; ya que somos un país en vías de desarrollo en el que la urbanidad está cobrando mayor alcance y las áreas agrícolas se están viendo muy afectadas; en base a esta problemática la hidroponía y sus potenciales incrementos de producción en áreas hostiles y climas diversos, conducen a los pequeños y grandes agricultores a buscar mayores cosechas a lo largo del año para poder hacer frente a las grandes orbes y masas de consumo.

La Hidroponía es traducida literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. Este es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año (Tarrillo. H, 2009)<sup>1</sup>.

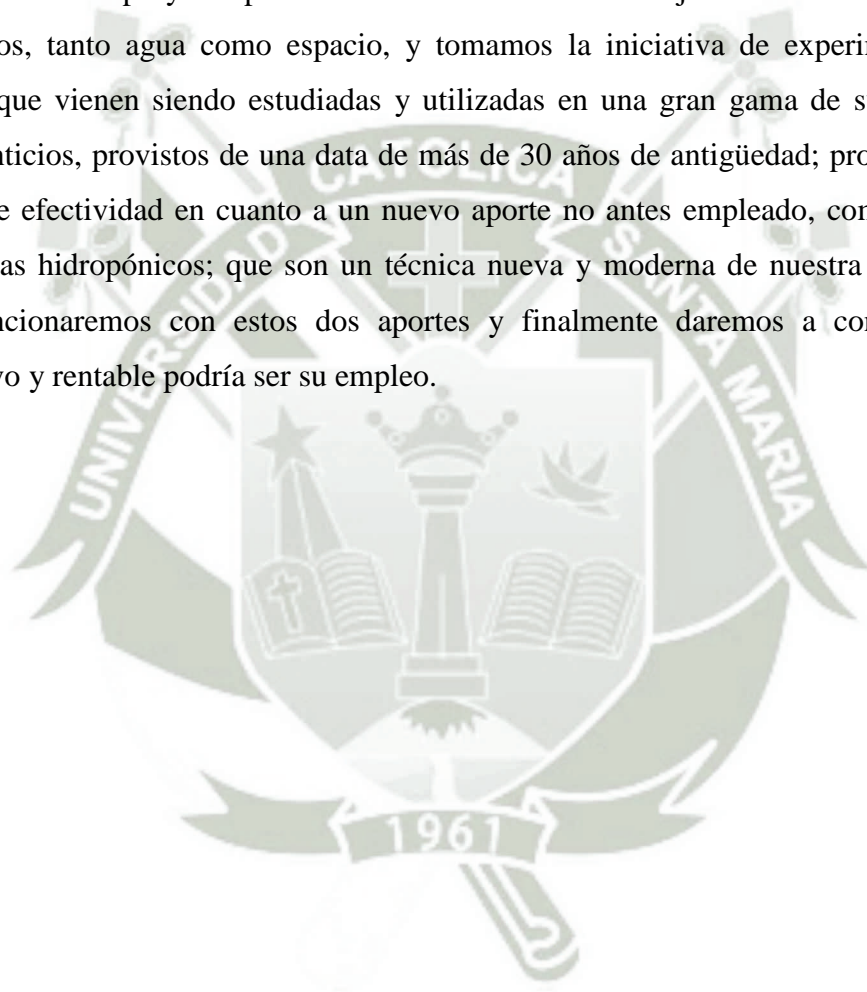
El cultivo en agua fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó, tanto en los experimentos de laboratorio como en la producción comercial de cosechas (Howard M, 2001)<sup>2</sup>.

Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis (Rodríguez. A, 2002)<sup>3</sup>; buscando el reemplazo de las soluciones nutritivas químicas por soluciones orgánicas más naturales que permitan al agricultor seguir haciendo de esta una tecnología verde para el medio ambiente y los consumidores.

La *Spirulina sp* es una cianobacteria filamentosa, pluricelular. Bajo el microscopio, aparece como filamentos azules verdosos de células cilíndricas dispuestas en filas helicoidales, sin ramificación. Esta alga es el alimento más rico en hierro, 20 veces mayor que los alimentos ricos en hierro comunes. Tiene una forma de hierro que es fácilmente absorbido por el cuerpo humano. El hierro que contiene es dos veces más

absorbible que el hierro encontrado en vegetales y la mayoría de las carnes. Además, es un 60% mejor absorbido que los otros suplementos de hierro, tal como el sulfato de hierro. Es una de las fuentes más concentradas de calcio y magnesio. Contiene cantidades menores de cromo, zinc, cobre, selenio y germanio (Usos tradicional y actual de la *Spirulina sp*, 2006)<sup>4</sup>.

Asumiendo todos estos aportes, literarios; y siendo conscientes de la gran demanda de una ecología verde en el contexto en el que vivimos, es que comenzamos a trabajar en este proyecto para tratar de contribuir a una mejor utilización de nuestros recursos, tanto agua como espacio, y tomamos la iniciativa de experimentar con algas que vienen siendo estudiadas y utilizadas en una gran gama de suplementos alimenticios, provistos de una data de más de 30 años de antigüedad; probaremos la posible efectividad en cuanto a un nuevo aporte no antes empleado, como son los sistemas hidropónicos; que son un técnica nueva y moderna de nuestra actualidad, conjuncionaremos con estos dos aportes y finalmente daremos a conocer cuan efectivo y rentable podría ser su empleo.



## 1.1 OBJETIVOS E HIPOTESIS

### OBJETIVO:

#### GENERAL:

- Comparar el efecto sobre la biomasa y tiempo de producción de la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa sp*) de una solución estándar frente a un preparado de microalgas (*Spirulina sp*).

#### ESPECÍFICOS:

1. Evaluar las características morfológicas de la lechuga en base a un preparado de microalgas (*Spirulina sp*) + solución A frente a la solución estándar.
2. Evaluar las características morfológicas de la lechuga en base a un preparado de microalgas (*Spirulina sp*) + solución B frente a la solución estándar.
3. Evaluar el tiempo de producción de la lechuga en base a la solución estándar frente al preparado de microalgas (*spirulina sp*) + solución A desde el segundo trasplante definitivo.
4. Evaluar el tiempo de producción de la lechuga en base a la solución estándar frente al preparado de microalgas (*spirulina sp*) + solución B desde el segundo trasplante definitivo.
5. Evaluar los costos asumidos por los cuatro tratamientos desarrollados en base a los insumos empleados para su producción.

## 1.2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

Dado que la *Spirulina sp* es una de las fuentes más concentradas de calcio y magnesio y que contiene cantidades menores de cromo, zinc, cobre, selenio y germanio; también es muy rica en hierro altamente asimilable, ocupando un 60% de su composición, es posible que pueda ser usada reemplazando la solución hidropónica por su contenido de minerales; y pueda generar un menor tiempo en la producción de la lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica, un mejor desarrollo foliar y un menor costo en base a los insumos empleados para su producción; lográndose contribuir a una agricultura más ecológica y natural.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LECHUGA HIDROPÓNICA (*Lactuca sativa sp*):

##### 2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA LECHUGA (*Lactuca sativa sp*)

La lechuga (*Lactuca sativa sp*) es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.

- Datos Generales
- Familia: Asteraceae Compositae.
- Nombre científico: *Lactuca sativa sp*.

##### 2.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La lechuga (*Lactuca sativa sp*) es una planta herbácea, anual y bianual, que cuando se encuentra en su etapa juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta. Se reporta que las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 m por lo cual se explica su resistencia a la sequía (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.

Las hojas de la lechuga (*Lactuca sativa sp*) son lisas, sin pecíolos (sésiles), arrosetadas, ovales, gruesas, enteras y las hojas caulinares son semi amplexicales, alternas, auriculado abrazadoras; el extremo puede ser redondo o rizado. Su color va del verde amarillo hasta el morado, dependiendo del tipo y el cultivar (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.

##### 2.1.3 USOS EN MEDICINA TRADICIONAL

Se emplea como narcótico y calmante. El consumo de hojas frescas se utiliza para aliviar el estreñimiento, la debilidad del estómago, la dispepsia y la mucosidad de la garganta y del pecho. Se dice que las hojas producen efectos refrescantes, tranquilizadores, fortificantes y aperitivos. Se usan para proporcionar un sueño

tranquilo y reparador, pues tranquilizan y fortifican los nervios; además se utilizan para reducir el nivel de azúcar en la sangre (Mundo C, 2013)<sup>6</sup>.

La decocción y consumo , al mismo tiempo, de las hojas se considera un remedio eficaz contra el estreñimiento, dolor de estómago, dispepsia atónica, debilidad del estómago, acidez, insomnio, debilidad de los nervios, dolor de muelas, inflamación de las encías, inflamaciones internas, nefralgia, dolores reumáticos, tos, catarro bronquial, resfrío y ronquidos. Se usa como sedativo del sistema nervioso, tónico general, laxante, mineralizador, desintoxicante del organismo, antiespasmódico, béquico, diurético (Mundo C, 2013)<sup>6</sup>.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA HIDROPONÍA

La HIDROPONÍA (hidro=agua y ponos= trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. Este es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella (Castañeda, F. 1997)<sup>7</sup>.

Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

La hidroponía es una realidad técnica, posiblemente hoy en día sea el método más intenso de producción de plantas; generalmente es de alta tecnología y de fuerte capital (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

En los últimos 20 años ha aumentado considerablemente el interés por el uso de esta técnica para producir cultivos hortícolas dentro de invernaderos (Castañeda, F. 1997)<sup>7</sup>.

## 2.2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RESPECTO A LA AGRICULTURA TRADICIONAL

### 2.2.1.1 VENTAJAS

- Se requiere una superficie mucho menor para obtener igual cantidad de producción.

Lechugas producidas en suelo:

Lechugas/m<sup>2</sup> de 6 a 8 lechugas

Lechugas/Ha de 60,000- 80,000

Lechugas producidas en sistemas hidropónicos:

Lechugas/m<sup>2</sup> de 25 a 30 lechugas

Lechugas/Ha de 250,000- 300,000 lechugas

- Se acorta el período de cultivo. El desarrollo de la planta es más rápido.
- Las plantas desarrollan poco sus raíces pues están directamente en contacto con los nutrientes, pero logran un crecimiento extraordinario de tallos, hojas y frutos (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.
- Requiere mucho menor mano de obra, ya que no es necesaria la remoción del suelo, efectuar trasplantes, limpiar los cultivos de malezas, aplicar fertilizantes, reduciéndose además las tareas de recolección de los frutos (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.
- La presentación de los productos obtenidos es superior a la de los cultivados en tierra.
- Facilita el control de las plagas en los cultivos. Disminuye los gastos para las operaciones de cultivo.
- Permite la incorporación de personal, que por sus características (avanzada edad, discapacitados, etc.) no podrían realizar tareas en los cultivos tradicionales (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.

### 2.2.1.2 DESVENTAJAS

- El costo inicial para implementar un módulo de producción y la infraestructura e instalaciones que configuran el sistema es elevado (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.
- El costo añadido que representa el mantenimiento de las instalaciones.
- La producción de residuos sólidos, a veces, difíciles de reciclar.
- El costo de las instalaciones y de la energía necesaria para reutilizar parte de los drenajes producidos (Wolff, R. 2005)<sup>5</sup>.
- El desconocimiento del manejo hortícola y de la técnica en sí. El éxito de las producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo hortícola (siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí (Rodrigo C Wolff 2005)<sup>5</sup>.

### 2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Básicamente los sistemas de producción de cultivos hidropónicos se pueden clasificar en dos grandes grupos a saber según el tipo de sustrato que utilizan como sigue (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>:

- Sistemas hidropónicos con sustrato líquido.
- Sistemas hidropónicos con sustrato sólido.

Los sustratos son el medio de cultivo o material utilizado en el cual crecen las plantas y que sustituyen al suelo en la función de sostenerlas. Cada uno de estos dos tipos de sistemas hidropónicos cuenta con una serie de variantes, que dependen básicamente de la forma en que se dispone el sustrato y el recipiente utilizado para ello (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

#### 2.3.1 SISTEMAS HIDROPÓNICOS CON SUSTRATO SÓLIDO

Los sistemas hidropónicos con sustrato sólido son aquellos en los que las plantas se desarrollan en una base sólida inerte que además sirve de sostén. En esta base se agregan los nutrientes que serán absorbidos por las plantas. Se puede utilizar sustratos puros de origen orgánico y mineral o mezclas de los mismos en

proporciones establecidas, ambos tipos de sustrato se indican a continuación (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

**a. Sustratos de origen orgánico y mineral**

- Cascarilla de arroz.
- Escorias o tobas volcánicas.
- Aserrín o viruta desmenuzada de maderas.
- Escoria de carbón mineral quemado.
- Arenas de ríos o corrientes de agua limpias sin contenido salino.

**b. Mezclas**

Todos los materiales mencionados se pueden utilizar solos. Sin embargo, algunas mezclas de ellos han sido probadas con éxito, en diferentes proporciones. Las mezclas más recomendadas de acuerdo con los ensayos hechos en varios países de América Latina y el Caribe son (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>:

- 50% de cáscara de arroz con 50% de escoria de carbón.
- 80% de cáscara de arroz con 20% de aserrín
- 60% de cáscara de arroz con 40% de arena de río
- 60% de cáscara de arroz con 40% de escoria volcánica.
- 50% de cáscara de arroz con 50% piedra pómez.
- 50% de cáscara de arroz, 40% escoria volcánica y 10 % aserrín de madera.

### 2.3.2 SISTEMAS HIDROPÓNICOS EN AGUA

Son sistemas hidropónicos por excelencia; las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Entre los sistemas más importantes y conocidos están:

#### 2.3.2.1 Sistema de raíz flotante:

De todos los métodos de cultivo sin suelo, el cultivo en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. El cultivo en agua incluye también el cultivo aeropónico (Licea Z. 2014)<sup>8</sup>.

En el cultivo en agua, las raíces de las plantas están suspendidas en un medio líquido (solución de nutrientes), mientras que, a partir de la corona o cuello radicular, las plantas se mantienen en una cama muy fina de medio inerte. (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Una plancha de termopor o poliuretano expandido actúa como soporte mecánico, tanto para la parte aérea de la planta (hojas y tallos) como para la parte subterránea (raíces). Generalmente se utiliza una profundidad para el líquido de la solución de 4 a 6 pulgadas (10-15 cm), con un espacio de aire entre este y el medio de sustentación de 2 a 3 pulgadas (5 a 7.6 cm). (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Este sistema es muy utilizado en proyectos de Hidroponía social en diferentes países latinoamericanos generalmente para producir cultivos de hojas, como diversas variedades de lechuga, albahaca, apio, menta, hierva buena, etc (Tapia, M. 1993)<sup>9</sup>.

Para lograr una buena producción es muy importante airear la solución nutritiva; ésta se puede hacer inyectando aire con una compresora, o manualmente utilizando las manos o algún batidor, por lo menos dos veces al día. Esta acción permite redistribuir los elementos nutritivos y oxigenar la solución. La presencia de raíces de color oscuro es un indicador de una mala oxigenación de la solución nutritiva y esto limita la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Keinth, R. 2003)<sup>10</sup>.

#### **2.3.2.2 Sistema NFT:**

El pionero de esta técnica fue Allen Cooper, en el Glasshouse Crops Research Institute, en Littlehampton (Inglaterra) en 1965. El término NFT son las iniciales de nutrient Film Technique (Técnica de la película nutriente), fue utilizado para remarcar que la profundidad del flujo del líquido que pasaba través de las raíces de las plantas debía ser muy pequeño (laminar), para que de esta forma siempre pudieran disponer del oxígeno necesario. El principio del sistema consiste en recircular la solución nutritiva por medio de una electrobomba a través de tuberías de distribución, hacia una serie de canales de PVC de superficie plana. Los canales están apoyados sobre mesas o caballetes, y tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución nutritiva a lo largo de ellos. Luego la solución nutritiva se recolecta en una tubería de drenaje conectada con el tanque (Chávez, L. 2013)<sup>11</sup>.

La electrobomba funciona continuamente durante las 24 horas del día. Por los canales recorre una película o lámina de apenas 3 a 5 mm de solución nutritiva. Como es un sistema cerrado, también se le conoce como sistema de recirculación continua. Este flujo continuo de solución nutritiva mantiene a las raíces en contacto

permanente con la solución, lo cual permite una buena oxigenación de las raíces y su suministro adecuado de nutrientes minerales esenciales para las plantas (Carrasco, E. 2013)<sup>12</sup>.

Este sistema hidropónico es muy usado para la producción de hortalizas de hoja como lechuga y albahaca. También se puede producir tomate, melón y pepino pero, por razones de costos, se prefiere producir estos cultivos con el sistema de riego por goteo con sustrato embolsado (Castañeda, F. 1997)<sup>7</sup>.

### **2.3.2.3 Aeroponía:**

En este sistema las plantas están creciendo en agujeros en láminas de termopor (poliestireno expandido). El sistema aeropónico de estructura en forma de A tiene la forma de un triángulo equilátero y sirve para producir cultivos de hojas de poca altura. Las raíces de las plantas están suspendidas en el aire debajo de la lámina y encerradas en una cámara de aspersion. La cámara está sellada por lo que las raíces están en oscuridad y están saturadas de humedad. Un sistema de nebulización asperja periódicamente la solución nutritiva sobre las raíces. El sistema está normalmente encendido sólo unos cuantos segundos cada 2 a 3 minutos (Licea, Z. 2014)<sup>8</sup>.

Esto es suficiente para que las raíces se humedezcan y la solución nutritiva sea aireada. Generalmente este sistema hidropónico se utiliza más para fines ornamentales o decorativos que para fines comerciales porque sus costos de operación son relativamente altos. Una aparente desventaja de este sistema es el crecimiento desigual que resulta de las variaciones en la intensidad luminosa sobre los cultivos inclinados (Turner, W y Henry, V. 1946)<sup>13</sup>.

## **2.4 NUTRICIÓN MINERAL**

La base de la hidroponía es la nutrición vegetal, por lo que cualquiera que intente emplear técnicas hidropónicas deberá tener suficientes conocimientos de las necesidades nutritivas de las plantas (Sánchez del C y Escalante, R. 1988)<sup>14</sup>.

La llave del éxito será la utilización de nutrientes como método de nutrición de las plantas. Es conveniente disponer de un programa de diagnosis (en grandes plantaciones a nivel comercial) que nos permita conocer el nivel nutricional de la planta en cualquier momento, para así poder evitar los desequilibrios nutricionales

que limitarían el crecimiento de la misma. El método ideal para diagnosticar alguna deficiencia de nutrientes es el análisis foliar una o dos veces por semana como medida preventiva, para así medir el nivel de cada uno de los elementos esenciales en los tejidos de las plantas y así poder corregir alguna deficiencia vía solución nutritiva (Zarate, N. Ortiz, H. Carrillo, R y Montes, G. 2007)<sup>15</sup>.

En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores. La proporción relativa de iones que deberemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente; por ejemplo, una molécula de nitrato potásico ( $KNO_3$ ) proporcionará un ión de potasio ( $K^+$ ) y otro ión de nitrato ( $NO_3^-$ ), así como una molécula de nitrato cálcico [ $Ca(NO_3)_2$ ] nos dará un ión de calcio ( $Ca^{++}$ ) y dos iones de nitrato 2 ( $NO_3^-$ ) así pues, si necesitamos un número mínimo de cationes, mientras que suministremos suficiente nitrato (aniones), el nitrato cálcico podría ser utilizado. Es decir, que sería necesario como mucho la mitad de nitrato cálcico que de nitrato potásico para suministrar las necesidades del anión nitrato (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando disolvemos ésta en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en agua. En los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas, Por ejemplo, el calcio puede ser suministrado, bien por el nitrato cálcico, o por el sulfato cálcico: el sulfato cálcico es más barato, pero su solubilidad es muy baja, por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que usemos para suministrar la totalidad de las necesidades del calcio (Smithers, O. 2015)<sup>16</sup>.

El coste de un fertilizante es particular deberá considerarse según vayamos a utilizarlo; en general, deberá usarse lo que normalmente se denomina como grado o calidad de invernadero: el coste es, a veces, más grande que una calidad estándar, pero la dureza o solubilidad es mucho mayor. Una calidad pobre contendrá siempre gran cantidad de materia inerte (arcilla, partículas de limo), la cual puede formar una

capa sobre la zona radicular; dicha capa no solamente puede impedir alcanzar esta zona a otros nutrientes, sino también taponará las líneas de alimentación. La disponibilidad del nitrato frente a los compuestos amónicos es importante en las plantas para inducir tanto el crecimiento vegetativo como el reproductivo. Las plantas pueden absorber tanto el ión catiónico del amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ ) como el anión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). El amoniaco, una vez absorbido, puede servir inmediatamente para la síntesis, bien sea de aminoácidos o de otros compuestos que contengan nitrógeno en reducción; la absorción del amonio puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, particularmente bajo condiciones de luminosidad muy pobres. El nitrógeno y el nitrato pueden ser reducidos antes de ser asimilados, disminuyendo de esta forma el crecimiento vegetativo. Las sales de amonio podrían ser utilizadas bajo brillantes condiciones de sol en verano, cuando la fotosíntesis es alta, o bien si sucede una deficiencia de nitrógeno y hace falta una rápida fuente de él; en cualquier caso, las sales de nitrato deberían ser las utilizadas (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

La particular elección de las sales dependerá de lo ya anteriormente dicho y también de las disponibilidades del mercado. Si vamos a utilizar un medio seco tal como aserrín, turba o vermiculita, pueden emplearse algunas de las sales más insolubles, mientras que si la solución de nutrientes se va preparar con anterioridad, deberíamos utilizar aquellas más solubles. El cloruro potásico y el cálcico deberán ser utilizados solamente para corregir las deficiencias de potasio y calcio, respectivamente; no obstante, solamente podremos utilizarlos si están presentes en la solución de nutrientes cantidades insignificantes de cloruro sódico (menos de 50 ppm), ya que si estos cloruros se añaden en presencia de sodio, resultará un veneno para las plantas (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

El uso de quelatos (hierro, manganeso y zinc) es altamente recomendable, puestos que permanecen fácilmente en la solución y están siempre disponibles para las plantas, incluso bajo condiciones de pH muy variables. Una sal de quelato puede definirse como un compuesto orgánico soluble, al cual los elementos minerales se adhieren hasta que son tomados por las raíces de las plantas; el compuesto orgánico es el EDTA (ácido etileno-diaminotetra acético). El EDTA tiene una gran afinidad para los iones cálcicos, y es por esto un pobre agente de acción de quelato para un medio calcáreo (piedra caliza, arena coralífera). En este caso debería reemplazarse

por EDDHA (ácido etilendiamino dihidroxifenil acético). El hierro se puede suministrar con la sal de hierro de DTPA (pentacetato dietilenotriamino sódico férrico), cuya abreviatura es Fe-DP y que contiene 7 % de hierro. (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

La mayoría de plantas requieren 16 elementos o nutrientes para crecer y desarrollar normalmente durante todo su ciclo de vida. Tres de ellos, el carbono (C), oxígeno (O) y el hidrógeno (H) provienen del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O). Estos tres elementos son esenciales e intervienen en lo que se denomina nutrición orgánica, por ejemplo el CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis. Los 13 elementos restantes son minerales y las plantas las toman del suelo e intervienen en lo que se denomina nutrición mineral (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Aproximadamente el 95 % de la materia seca de una planta lo constituyen el C (45 %), el O (45%) y el H (5%), mientras que el 5% restante lo constituyen los 13 elementos minerales antes mencionados (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Al hacer un análisis de tejido de una planta cualquiera, se pueden encontrar trazas de aluminio, plomo, estroncio, plata y muchos otros elementos en su constitución, pero no todos juegan un rol importante en su metabolismo, lo cual significa que, la sola presencia de un elemento mineral no prueba que sea esencial para la planta (Universidad Pacífico. 2001)<sup>2</sup>.

Un elemento es esencial si, ante su falta, la planta no puede completar su ciclo de vida. Por ejemplo, si no hay suficiente nitrógeno, la planta no crecerá normalmente y morirá prematuramente. El nitrógeno es importante porque forma parte de compuestos tan esenciales como proteínas, ácidos nucleicos, hormonas y vitaminas (Universidad Pacífico. 2001)<sup>17</sup>.

El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre se denominan elementos mayores o macronutrientes, debido a que las plantas lo requieren en mayores cantidades que los micronutrientes o elementos menores, que son necesarios en pequeñas cantidades. Estos últimos son el cloro, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno. Las funciones de los 13 elementos minerales esenciales se indican a continuación (Universidad Pacífico. 2001)<sup>17</sup>.

- Nitrógeno (N): Forma parte de la estructura de aminoácidos y proteínas, bases nitrogenadas y ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, vitaminas, glico y lipoproteínas, pigmentos. Constituyentes y activador de todas las enzimas. Interviene en procesos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis multiplicación y diferenciación celular, herencia (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.
- Fósforo (P): Forma parte estructural de ésteres de carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas, ácidos nucleicos. Interviene en los procesos de almacenamiento y transferencia de energía, fijación simbiótica de nitrógeno y en otros procesos con el nitrógeno (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.
- Potasio (K): Actúa como coenzima o activador de muchas enzimas. La síntesis de las proteínas requiere altos niveles de potasio. El potasio no forma parte estable en la estructura de ninguna de las moléculas que se encuentran dentro de las células de las plantas. (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Está involucrado en la síntesis de almidón, activando la enzima almidón sintetasa. Mejora la incorporación de los aminoácidos en proteínas e interviene en el mecanismo de apertura y cierre de estomas. (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

- Calcio (Ca): Es importante en zonas meristemáticas donde ocurre división celular. A menudo se encuentra precipitado como cristales de oxalato de calcio en las vacuolas. Se encuentra también como pectato de calcio en las paredes celulares, dándole rigidez a la pared celular. También es activador de enzimas, entre ellas la  $\alpha$ -amilasa, que degrada el almidón. Controla la velocidad de la respiración y reduce la producción del gas etileno, responsable de la maduración de los frutos (Universidad Pacífico. 2001)<sup>17</sup>.
- Magnesio (Mg): Forma parte estructural de la molécula de clorofila y es necesario para la actividad de varias enzimas que intervienen en el metabolismo de los carbohidratos. También es necesario para la actividad de enzimas que intervienen en la fotosíntesis, respiración y en la formación del ATP, ADN y ARN. Es esencial Para mantener la estructura del ribosoma (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.
- Azufre (S): Forma parte estructural de los aminoácidos (cistina, cisteína, metionina, taurina), todas las proteínas, vitaminas y coenzimas, esterios con polisacáridos.

Interviene en los procesos de fotosíntesis, fijación de CO<sub>2</sub>, respiración, síntesis de grasas y proteínas, fijación simbiótica de nitrógeno. Reserva energética de oxígeno (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

- Cloro (Cl): Es necesario para la fotosíntesis, donde actúa como activador de enzimas para la producción de oxígeno a partir del agua. Forma parte de la auxina ácido cloroindolacético, que es una hormona de crecimiento. Es esencial para la división celular en raíces y hojas (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.
- Hierro (Fe): Es esencial en la síntesis de la clorofila. Forma parte de los citocromos, actuando como portador de electrones en la fotosíntesis y respiración. Como ferroxina interviene en el proceso de asimilación del nitrato, al participar en la reducción del nitrito a amoníaco. Es constituyente de enzimas como la catalasa y la citocromo oxidasa (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.
- Manganeso (Mn): participa directamente en la producción de oxígeno durante la ruptura de la molécula del agua en la fotosíntesis. Juega un rol estructural en la membrana del cloroplasto. Es activador de varias enzimas, entre ellas, las que intervienen en la síntesis de ácidos grasos y en la formación del ADN Y ARN, activando también la enzima deshidrogenasa en el ciclo de Krebs. Participa directamente en la producción fotosintética de O<sub>2</sub> a partir del H<sub>2</sub>O y puede formar parte en la formación de la clorofila (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.
- Boro (B): Participa en el transporte de azúcares en el floema. También es importante en los procesos de división, diferenciación, respiración y desarrollo celular (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.
- Cobre (Cu): Actúa como un portador de electrones y es parte de algunas enzimas. Forma parte de la plastocianina, la cual actúa en la fotosíntesis, y también de oxidasa polifenol y, posiblemente, de la nitrato reductasa. Puede tomar parte en la fijación del N<sub>2</sub> (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.
- Zinc (Zn): Se requiere para la síntesis de aminoácido triptófano, el cual es preciso para la formación de la hormona del ácido indolacético. Activa las enzimas alcohol deshidrogenasa, ácido láctico deshidrogenasa, ácido glutámico deshidrogenasa y carbopeptidasa (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.
- Molibdeno (Mo): Interviene en la reducción del nitrato a nitrito a través de la enzima nitrato reductasa, y también es esencial en las bacterias fijadoras de nitrógeno (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

## 2.5 SOLUCIONES NUTRITIVAS:

La solución nutritiva es el agua con los nutrientes minerales. En los cultivos hidropónicos, todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, esta es la solución para ser asimiladas por las planta, antes de preparar cualquier solución nutritiva, se debe conocer la calidad del agua; para ello se debe realizar previamente un análisis químico de ésta. Los principales criterios que se emplean para determinar la calidad del agua son (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>:

## 2.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La Conductividad eléctrica indica el contenido de sales totales que tiene el agua o la solución nutritiva: a mayor conductividad eléctrica mayor contenido de sales. La conductividad eléctrica se expresa en miliSiemens (mS/cm), deciSiemens (dS/m) o miliMho (mMho/cm). Se recomienda aguas de baja salinidad (<1.0 mS/cm) aunque también se pueden usar aguas de salinidad media a ligeramente alta (de 1.0 a 1.5 mS/cm). Cuando se agregan los fertilizantes o las soluciones concentradas para preparar la solución nutritiva, la conductividad eléctrica de la solución no debe exceder de 2,3 mS/cm, de lo contrario las plantas podrían ser afectadas por toxicidad, principalmente en aquellas que son sensibles a las sales (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

La conductividad eléctrica es un estimador de la concentración de sales disueltas en el agua, permitiendo evaluar la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Esto es fundamental ya que las raíces utilizan estas cargas para tomar los elementos, cuyo valor se expresa en mS/cm (milisimens sobre centímetro) conociendo de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/l (gramo por litro) (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio; elemento esenciales en solución nutritiva) lo cual es importante en la hidroponía para el diseño de la solución nutritiva que sea soluble para facilitar la asimilación de los fertilizantes (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

Para poder tomar una lectura apropiada se necesita de un medidor de conductividad eléctrica, los cuales pueden expresar los datos tanto en mS/cm como en ppm (partes por millón) (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

En general, podemos decir que el agua de riego es de buena calidad cuando su valor de CE (electro-conductividad) es 0,75 a 2 mS/cm o 375 a 1000 ppm (Electro-conductividad 2010)<sup>18</sup>.

## 2.7 pH

Es importante conocer el pH porque este valor permite conocer el grado de disponibilidad de los nutrientes minerales en la solución nutritiva y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. Es importante mantener el pH de la solución nutritiva en un rango ligeramente ácido, de 5,5 a 6,5. El pH variará de acuerdo al tipo de planta, el estado de crecimiento y las condiciones ambientales. Si el pH de la solución está por encima de 7.5 puede presentarse en las plantas síntomas de deficiencia de hierro, boro, cobre, zinc y/o manganeso. Si el pH es muy ácido, puede presentarse en las plantas las deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y/o molibdeno. (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

## 2.8 TEMPERATURA

La temperatura controla la velocidad de crecimiento de las plantas. Generalmente, al aumentar la temperatura, los procesos químicos se aceleran. Por encima y debajo de estos rangos, la actividad enzimática empieza a deteriorarse y esto causa que los procesos químicos ocurran más lento o se detengan. En este punto, las plantas se estresan, el crecimiento se reduce y eventualmente la planta puede morir (Howard, M. 2001)<sup>2</sup>.

La temperatura de la solución nutritiva no debería exceder los 30 °C ya que podría ocasionar daños a la planta. Durante las épocas frías la temperatura debe mantenerse en 16 °C (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

## 2.9 MICROALGAS:

Al inicio la atmósfera se encontraba constituida por dióxido de carbono y agua y existían solamente algunas bacterias que consumían minerales de la tierra para que luego algunas, se adaptaran produciendo alimentos de las sustancias de la atmósfera

en interacción con la luz del sol, proceso que se conoce como fotosíntesis. Estos primeros microorganismos fotosintéticos usaban por primera vez la energía del sol para sintetizar con la ayuda del agua y de las moléculas de dióxido de carbono de la atmósfera, el oxígeno que respiramos, este nuevo proceso fotosintético aportó durante millones de años a la creación de nuestra actual atmósfera, y se puede afirmar que las cianobacterias es sin duda alguno de los microorganismos que dieron origen a la fauna y flora que existe sobre la Tierra (Martínez y Salomón. 1995)<sup>19</sup>.

La presencia de este microorganismo en el planeta hace tres mil millones de años. Su hábitat está en las aguas saladas y alcalinas de ciertos lagos en África, en Asia subtropical y tropical, y en América. Desde que fue aislada por el científico francés Turpin en 1827 de un arroyo de agua fresca los científicos han aislado e identificado varias especies usando las más modernas técnicas bioquímicas y moleculares (Martínez y Salomón. 1995)<sup>19</sup>.

El imperio Azteca es la primera civilización, de la que se tiene registro histórico, que la usaron en su alimentación. En la planicie donde hoy se extiende la ciudad de México D.F se ubicaba el lago Texcoco donde se producía la *Spirulina sp*, sus habitantes preparaban el antiguo tecuitlat, una galleta hecha de esta microalga que les suplía de fuerza y resistencia a corredores y guerreros. Los españoles, que llegaron en el siglo XVI, no entendían el valor nutritivo de esta “galleta” y dejaron secar la mayoría de las lagunas a fin de contar con un mayor espacio para la agricultura, durante siglos se perdió el cultivo y conocimiento de la valiosa *spirulina sp* hasta que en el año 1964 el botánico Jean Leonard la redescubrió, observando a la gente que comía una galleta verde cerca al lago de Chad (Amado, G. 2012)<sup>20</sup>.

Siglos después una empresa estatal mexicana redescubrió esta microalga en el lago Texcoco, por lo que con el tiempo esta decidió por su cultivo y comercialización otros países asiáticos se interesaron por esta actividad y desde entonces han decidido apostar por su cultivo y posterior industrialización (Amado, G. 2012)<sup>20</sup>.

### **2.9.1 ALGAS COMO BIOFERTILIZANTES:**

Las arribazones de macroalgas y fanerógamas marinas han sido utilizadas durante siglos como abono verde (o semicompostado) en casi todas las zonas agrícolas costeras y, sobre todo, isleñas (Islandia, Man, Shetland, Oarkneys, Canarias,

Madeira, Zanzibar, Azores, Seychelles, Hainan, Re, donde aseguran que su uso les exime de practicar rotación de cultivos) En algunas islas del Mar del Norte, incluso han constituido la base de la existencia de la agricultura ya que el suelo agrícola lo ha ido (y continúa) fabricando el hombre mezclando arena y limo con las macroalgas de arribazón (Alvarez, M y Gallardo, T. 1989)<sup>21</sup>.

En Irlanda se cultivaban macroalgas marinas como actividad agrícola complementaria hasta principios del siglo XX, en zonas de amplios intermareales, "plantando hileras de rocas" (sobre las que crecen las grandes macroalgas pardas) separadas la distancia del carro que empleaban para recolectarlas durante la bajamar, (Chapman y Chapman, 1980)<sup>22</sup>. La utilización de *maerl* (macroalgas rodofitas calcáreas) en las costas del Canal de La Mancha como fertilizante y corrector de suelo ácidos data de principios del siglo XVIII (Brain *et al.*, 1981)<sup>23</sup> y de mediados del siglo XIX la primera patente de "seaweed manure" (estiércol de macroalgas marinas) (Gardissal, 1856)<sup>24</sup>.

Senn (1987) reporta que la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos básicamente porque se administra a los cultivos no sólo todos los macro y micronutrientes que requiere la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992)<sup>25</sup>.

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Crouch y Van Staden, 1992)<sup>25</sup>.

Las algas marinas y/o sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas. Su uso es ya común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo

el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Crouch y Van Staden, 1992)<sup>25</sup>.

Al incinerar las algas, dejan un residuo de cenizas cinco o seis veces mayor que el que dejan las plantas; consecuentemente, tienen más metabolitos y, por lo tanto, más enzimas. Esta es la razón del porqué, al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático extra diverso y cuantioso que efectúa cambios en las plantas (y en el suelo) que sin ellos, no toman lugar (Fox y Cameron 1961)<sup>26</sup>, (López 1995)<sup>27</sup>.

Al aplicar foliarmente extractos de algas marinas, las enzimas que éstas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas (más vigor). Además, las microalgas cianofitas que los extractos de algas conllevan, ya sea que se apliquen foliarmente o al suelo, fijan el nitrógeno del aire aún en las no leguminosas (Martínez y Salomón, 1995)<sup>19</sup>. Resultado: plantas más sanas con mejor nutrición y más vigorosas. Al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles en comparación con las enzimas de los seres vivos. También hidroliza enzimáticamente los compuestos no solubles del suelo, desmineralizándolo, desintoxicándolo y desalinizándolo. En los carbonatos libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular las arcillas silíceas, descompactándolo; todo, en forma paulatina, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor (Tinajeros, R. 1993)<sup>28</sup>.

La utilización de cianobacterias fijadoras de nitrógeno simbióticas (*Anabaena azollae*) en el helecho acuático *Azolla*, que aportaban (y continúan aportando) en vivo como biofertilizante (Nitrógeno) fotosintético al acuicultivo más importante del planeta (arroz) fue un descubrimiento vietnamita que se mantuvo secreto durante muchos siglos (Shang Háo Li 1988)<sup>29</sup>.

### **2.9.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS Y TAXONÓMICOS:**

La *Spirulina sp* crece naturalmente en el lagos salinos y alcalinos de climas cálidos subtropicales, cada uno de sus células es una fábrica que transforma, con la ayuda de

la clorofila y la luz del sol, los elementos básicos del aire como el dióxido de carbono, el nitrógeno y los múltiples minerales presentes en el agua y otros, liberando su oxígeno al ambiente (Tabla 1) (Tomaselli, L, Giovanetti, L, Pushparaj, B y Torzillo, G. 1987)<sup>30</sup>.

Tabla N° 1 Características generales de la *Spirulina sp*

(Vonshak A. 2002)<sup>34</sup>

Composición	<i>Spirulina</i> 100 %
Aspecto	polvo fino
Color	azul verde oscuro
Olor y gusto	suave como alga marina
Densidad	35 al 60 kg / L
Tamaño de partícula	de 1 $\mu$ m

Las especies más importantes son: *Spirulina máxima* y la *Spirulina platensis* las cuales poseen la clorofila a en su composición (Fox, B.A y Cameron, A.G. 1995)<sup>31</sup>.

La *Spirulina platensis* y la *Spirulina máxima* que están dentro de la *Spirulina sp*, entre estas dos existen diferencias entre vacuolas, filamentos y la recubierta de la cápsula lo que permite identificarlas (Figura N°1).



Figura N° 1. *Spirulina sp* vista desde el microscopio (Runspirit.re)<sup>33</sup>.

Esta familia posee un grupo de cianobacterias homogéneas filamentosas cuyas células son de forma espiral y además poseen una membrana externa de nombre vaina (Jourdan 2001)<sup>32</sup>.

El color verde azul oscuro viene de una gama de pigmentos naturales que provienen de la clorofila, los carotenoides y la ficocianina, pigmentos que captan las frecuencias y colores de los rayos del sol y que protegen al mismo tiempo el alga de quemaduras y radicales libres (Jourdan 2001)<sup>32</sup>.

El término *Spirulina sp* es como se conoce comercialmente a todas las cianobacterias alimentarias del género *Arthospira*, los términos cianobacteria, algas verde-azuladas o algas cianofíceas tienen el mismo significado (Fox, B.A y Cameron, A.G. 1995)<sup>31</sup>.

Según Becker en 1982 la clasificación de la *Spirulina sp* es:

- Dominio: Bacteria
- Phylum: Cyanobacteria
- Clase: Cyanobacteria
- Orden: Oscillatoriales
- Familia: Oscillatoriaceae
- Género: *Spirulina*
- Especie: *S. platensis*

### **2.9.3 HÁBITAT:**

El género *Spirulina sp* habita en aguas muy mineralizadas extremadamente alcalinas por lo que difiere de las demás cianobacterias, además pueden consumir carbonatos y bicarbonatos del líquido; la *Spirulina sp* alcanza un pH de 11.5, ellas secretan moléculas proteicas como mecanismo de defensa en ese medio, los filamentos de *Spirulina sp* debido a su alta pigmentación y flotación privan de luz solar a otras algas que pueden crecer en ese medio evitando la competencia (Fox y Cameron 1961)<sup>26</sup>.

### 2.9.4 MINERALES:

La *Spirulina sp* es muy rica en hierro altamente asimilable, ocupando un 60 % de su composición más que cualquier otra forma conocida de administración de este metal al organismo, diez gramos satisfacen las necesidades diarias de un adulto.

Es rica en Calcio, Magnesio, Fósforo, Hierro y Zing, aportando, además microdosis importantes de Cobre, Cromo, Manganeso, Germanio y Selenio con escasas presencia de sodio (Tabla 2) (Earthrise F. 1998)<sup>35</sup>.

Tabla N° 2 Minerales constituyentes en la *Spirulina sp* (Earthrise F. 1988)<sup>35</sup>

Minerales en 10 g. de <i>Spirulina sp</i>	
Minerales	
Calcio	100 mg
Hierro	15 mg
Zinc	300 µg
Fósforo	90 mg
Magnesio	40 mg
Cobre	120 mg
Sodio	60 mg
Potasio	160 mg
Manganeso	500 µg
Cromo	28 µg
Selenio	2 µg

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el fundo “Chacra Nueva”, ubicado en el anexo de Agua Salada, en el distrito de Chiguata, en la empresa “**LA CHIGUATEÑA**”, en la provincia y departamento de Arequipa. Se encuentra a 16°24' 16" Latitud sur, 71°25'37" Longitud oeste y a 2796 m.s.n.m. El experimento se inició el 08 de Marzo del 2016 con el objetivo de comparar la biomasa y tiempo de producción de la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa sp*) en base a un preparado de microalgas (*Spirulina sp*) frente a la solución hidropónica estándar, finalizando el proyecto el 16 de Mayo del 2016.

#### 3.2 MATERIALES

- **Material biológico**
  - Muestra de microalgas (*Spirulina sp*) en polvo (Kala Suplementos Nutricionales S.A.C.)
  - Plántulas de lechuga (*Lactuca sativa sp*)
- **Material químico**
  - Sulfato de magnesio (Molinos & Cía S.A. fertilizantes)
  - Quelato de hierro (Fertitec insumos S.A.C)
  - Sulfato de manganeso (Molinos & Cía S.A fertilizantes)
  - Ácido bórico (Microfertisa S.A)
  - Molibdato de amonio (Fertitec insumos S.A.C)
  - Sulfato de cobre (Microfertisa S.A)
  - Sulfato de zinc (Microfertisa S.A)
  - Nitrato de potasio (Misti fertilizantes)
  - Nitrato de amonio (Molinos & Cía S.A fertilizantes)
  - Superfosfato triple de calcio (Molinos & Cía S.A fertilizantes)
  - Ácido fosfórico al 85% (Innophos fosfatados)
- **Equipos**
  - Balanza analítica (SCA 301)

- Medidor de pH (Hanna Instruments Hi 98129)
- Conductímetro (Hanna Instruments Hi 98129)

- **Otros**

- Jarras medidoras 1 L.
- Baldes de plástico de 4 L, 12 L.
- Varillas de plástico.
- Vasos de plástico
- Mortero
- Termopor de 1”
- Vasitos de plástico de 1 onza.

### 3.3 MÉTODOS

- **Formulación de las soluciones A y B**

Se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú. Para el tratamiento de la poza estándar (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup> y las pozas de microalga, se procedió a preparar las soluciones hidropónicas respectivas A y B de la forma que usualmente se utiliza en los sistemas de cultivo hidropónico. La solución nutritiva se prepara a partir de soluciones concentradas A y B, las que se agregan al agua corriente (potable) en la siguientes cantidades: 5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B por cada litro de agua; y para volúmenes mayores de agua se agregan en la misma proporción de acuerdo a las dimensiones del contenedor (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.

Para la preparación de la solución hidropónica concentrada A, a un volumen final de 5 L pesar por separado los siguientes fertilizantes:

Nitrato de potasio..... 550 g.

Nitrato de amonio..... 350 g.

Superfosfato triple ..... 180 g.

En un recipiente remojar por 24 horas el superfosfato triple en agua potable.

En un balde plástico colocar el nitrato de potasio y agregar ½ L de agua, agitar y pasar lo disuelto a un recipiente grande, luego agregar 0.5 L de agua y repetir lo anterior hasta disolver totalmente el nitrato de potasio (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.

En otro balde de plástico disolver el nitrato de amonio en 0.5 L de agua, ya disuelto se le agrega al recipiente grande (donde está el nitrato de potasio) (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.

Luego agregar al recipiente grande el superfosfato triple disuelto, el superfosfato no disuelto se coloca en un mortero donde se presiona con un pilón, agregando agua, luego verter el superfosfato triple disuelto al recipiente grande. Así sucesivamente repetimos la operación varias veces, hasta deshacer totalmente el fertilizante, eliminando el residuo final (arenilla) (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup>.

Finalmente agregar agua hasta completar un volumen de 5 L.

Para preparar la solución concentrada B a un volumen final de 2 L, previamente preparar una solución denominada Solución de micronutrientes ya que esta se utiliza para preparar la solución B (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

Pesar por separado cada una de las siguientes sales:

Sulfato de manganeso .....	10 g.
Ácido bórico .....	6 g.
Sulfato de zinc .....	3.4 g.
Sulfato de cobre .....	2 g.
Molibdato de amonio.....	0.4 g.

Disolver cada una de las sales por separado en agua hervida fría luego completar todo a un volumen de 2 L (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

Luego pesar los demás constituyentes de la solución B como son:

Sulfato de magnesio .....	220 g.
Quelato de hierro al 6% Fe.....	17 g.

En un balde disolver el sulfato de magnesio con 1 L de agua.

Agregar los 0.4 L de la solución de micronutrientes y agitar.

Luego agregar el quelato de hierro y remover hasta disolver totalmente.

Finalmente agregar agua hasta completar el volumen final de 2 L (Rodríguez, A. 2002)<sup>3</sup>.

- **Formulación del preparado de microalga (*Spirulina sp*).**

En base a los contenidos minerales que posee la *Spirulina sp* (Eartrise F. 1988)<sup>35</sup>, proceder a la elaboración del preparado de microalgas que según el planteamiento hipotético sustituya las necesidades minerales de la lechuga hidropónica (*Lactuca sativa sp*) a lo largo de su periodo vegetativo hasta el momento de su cosecha.

Llevando a cabo esta preparación; pesar 5 g de Spirulina en polvo en un recipiente o jarra de 1 L, adicionar un tanto de agua corriente (potable) poco a poco hasta suspender la Spirulina y completar un volumen de aproximadamente 500 ml, remover completamente hasta lograr una suspensión uniforme.

- **Siembra de lechuga (*Lactuca sativa sp*) en las camas flotantes (segundo trasplante).**

Las semillas de lechuga (*Lactuca sativa sp*) son sembradas en contenedores de madera de 40 cm x 40 cm ó 60 cm x 60 cm, con 10 cm aproximadamente de profundidad; en sustratos elaborados a base de material reciclable como aserrín, cáscara de arroz, piedra pómez o arena; las semillas son sembradas en surcos y en un periodo de 15 días se obtiene plántulas listas para el primer trasplante de lechugas (*Lactuca sativa sp*); en este punto las plántulas son llevadas a contenedores o camas flotantes que tienen un promedio de 3 m x 2 m aproximadamente, con una altura de 30 cm de profundidad, las cuales están provistas de agua potable que oscila en 1500 L; aquí las plántulas son sembradas en bandejas de termopor de 2.5 cm de espesor; aquí pasarán un período de 15 días aproximadamente hasta obtener unas buenas raíces y un promedio de 4 a 5 hojas, las cuales nos darán pase a realizar el segundo trasplante definitivo de las lechugas (*Lactuca sativa sp*); para este segundo trasplante

o trasplante definitivo tomar las plántulas para trasplantarlas a los contenedores de concreto de 2.40 m de largo x 1.20 m ancho x 0.30 m de profundidad.

Se requirió 4 planchas de termopor de 1" de espesor por cada poza de tratamiento, contando con 112 plántulas de lechuga (*Lactuca sativa sp*) por poza de concreto y colocadas respectivamente cada plántula en sus respectivos vasitos de 1 onza como medio de soporte haciendo un total de 448 plántulas.

Cada poza contó con un volumen final de 300 L de agua potable en condiciones adecuadas para su uso en los sistemas de raíz flotante (Tarrillo, O. 2009)<sup>1</sup> determinadas mediante análisis de laboratorio provistos por la universidad Católica de Santa María de Arequipa.

- **Acondicionamiento de los pozos en el proyecto**

Para desarrollar el proyecto trabajamos en pozas de concreto; cada poza tiene como medidas 2.40 x 1.20 x 0.30 m.

Para el presente proyecto tomar en cuenta parámetros como; temperatura, pH, conductividad eléctrica, biomasa, condiciones organolépticas (color) y tiempo de producción para los cuatro tratamientos.

- **Pozo Blanco**

Se realizó la siembra de las 112 plántulas de lechuga en un volumen final de 300 L de agua en el contenedor.

En este pozo tomar no se adicionará ninguna solución hidropónica A y ninguna solución hidropónica B.

Para este tratamiento, a pesar de que no se adicionará ningún tipo de solución hidropónica ni ácido fosfórico, se tomará en cuenta los parámetros inicialmente mencionados, a lo largo de todo su desarrollo vegetativo hasta la disposición de su cosecha, tomando también en cuenta las condiciones que necesitarían las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas para poder ser comercializadas; este tratamiento permitirá saber bajo qué condiciones las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas se desarrollan y cuál es el aporte nutricional del agua en este sector para el riego.

### ○ **Pozo Estándar**

En el desarrollo de este tratamiento de utilizar las soluciones hidropónica A y solución hidropónica B, empleadas en la empresa “La Chiguateña” para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica, en volúmenes de 300 ml de solución hidropónica A y 150 ml de solución hidropónica B.

El volumen final de agua para este contenedor de concreto es de 300 L, el cual se evaluará y controlará a lo largo del todo el proceso evolutivo de las lechugas hasta disponer el momento de su cosecha.

Identificar las necesidades de soluciones minerales de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas, evaluando el desarrollo de las mismas en los márgenes que establece la empresa La Chiguateña en respecto a la aplicación de soluciones hidropónicas, condiciones organolépticas (color), biomasa y tiempo de producción.

El desarrollo de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas en este tratamiento será de crucial importancia para la comparación con los tratamientos del preparado de microalgas *Spirulina sp*.

### ○ **Pozo Solución A**

En este pozo adicionar el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) y la solución hidropónica A 300 ml por separado, bajo condiciones de similar actividad con las que se trabaja en el pozo estándar, dependiendo del desarrollo de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas se determinará el volumen de solución hidropónica A y del preparado de microalgas, así como el del ácido fosfórico 10 ml, para las siguientes adiciones en el cultivo a lo largo de su desarrollo.

Tomando en cuenta el volumen final de 300 L de este contenedor de concreto y su evaluación y control que inicialmente fueron mencionados para mantener las condiciones adecuadas en el proceso evolutivo de las lechugas hasta disponer de su cosecha.

### ○ **Pozo solución B**

En este pozo el tratamiento fue, adicionar el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) con la solución hidropónica B 150 ml por separado, bajo condiciones de similar

actividad con las que se emplea en el pozo estándar; dependiendo del desarrollo de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa sp*), se determinará las cantidades y número de adición tanto del preparado de microalga como de la solución hidropónica B y por lo tanto la adición del ácido fosfórico 10 ml, para las siguientes adiciones a lo largo de su desarrollo.

Para el tratamiento de este pozo igualmente se tomará en cuenta un volumen final de 300 L de este contenedor de concreto y su control respecto a los parámetros inicialmente mencionados y evaluación a lo largo de todo el proceso evolutivo de las lechugas hasta disponer de su cosecha.

- **Evaluar parámetros y características morfológicas de la lechuga (*Lactuca sativa sp*)**

A lo largo del proyecto se tomó mediciones de pH los cuales se deben ajustar a parámetros entre 6 y 6,5; conductividad eléctrica que no debe exceder los 2.3 mS/cm, tamaño de las raíces según los parámetros establecidos por la empresa La Chiguateña en sus condiciones para ser comercializadas las raíces de las lechugas deben superar los 20 cm, turgencia de las hojas las cuales al tacto deben ser gruesas pero no acartonadas; condiciones organolépticas (color); se elaboró una escala de colores basándose en las tonalidades que mostraron las lechugas de la poza estándar y también con respecto a los parámetros establecidos por la empresa La Chiguateña (Tabla 3), para comparar las condiciones en las que se venían desarrollando las pozas blanco, solución A, solución B, hasta el momento de la disposición de su cosecha.

**ESCALA DE VALORACIÓN SEGÚN COLOR**

IMAGEN	CONSIDERACIÓN	VALORACIÓN
	Color verde oscuro	CALIFICACIÓN "A"



Color verde claro




CALIFICACIÓN “B”



Color verde alimonado

CALIFICACIÓN “C”

Tabla N° 3 Escala de valoración según el color obtenido en los tratamientos a las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas.

Escala de colores/valoración			
A			X
B		X	
C	X		

- **Evaluar el tiempo de producción de la lechuga (*Lactuca sativa sp*)**

En base al desarrollo de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas en el pozo estándar en el que se adicionó solución hidropónica A y solución hidropónica B frente a los pozos en los que se adicionó el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) y solución hidropónica A para un contenedor y preparado de microalgas (*Spirulina sp*) y solución hidropónica B, evaluamos el tiempo en el desarrollo evolutivo de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas hasta el momento de la disposición de su

cosecha; los cuales mediante los datos obtenidos por la empresa este periodo no debe exceder de los 40 días calendarios.

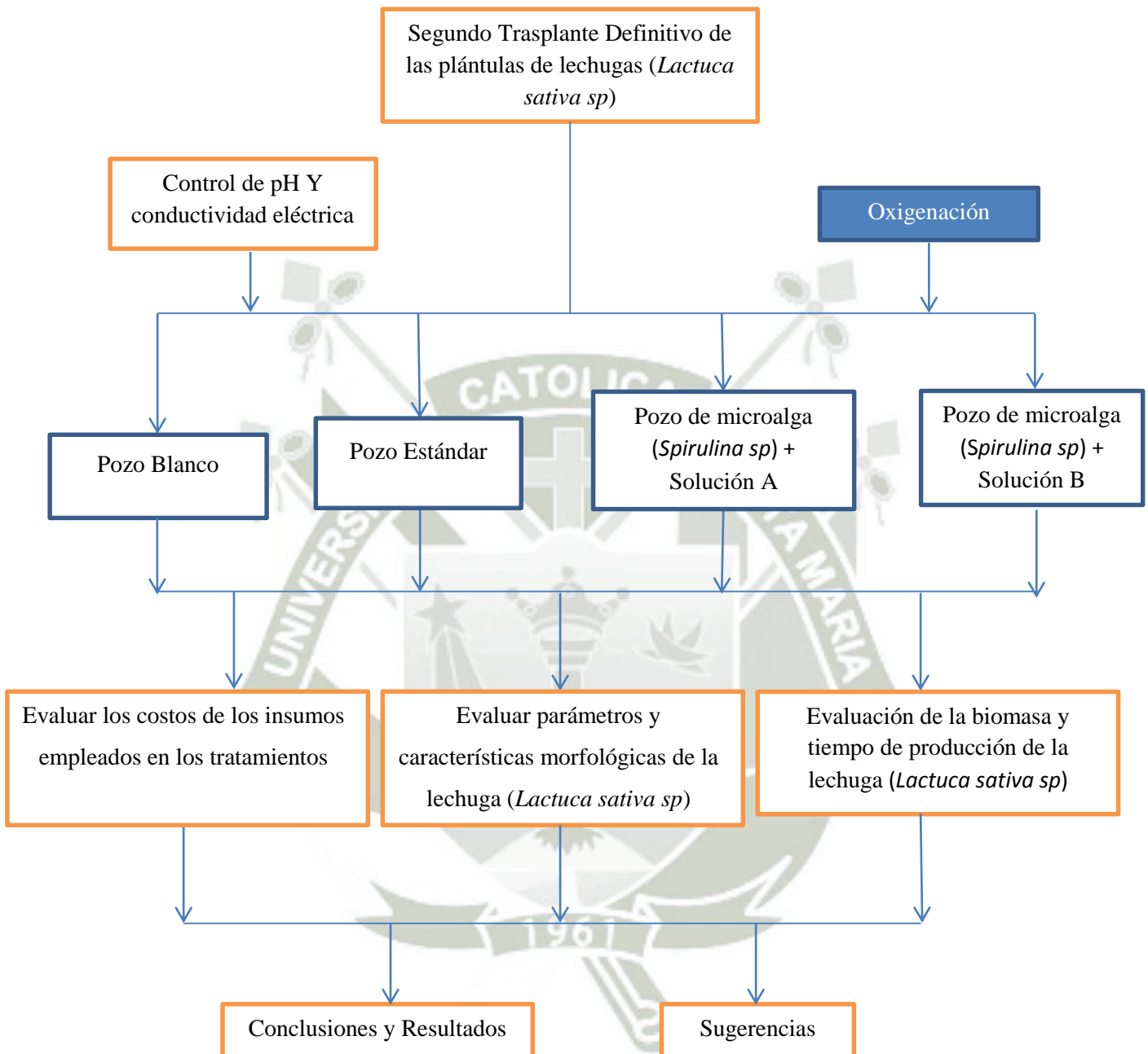
En base a los parámetros obtenidos por la empresa La Chiguateña con respecto al promedio de días en los que las lechugas se deben desarrollar desde su segundo trasplante hasta el día de su cosecha, concluiremos el proyecto determinando cuan efectivo resulto la sustitución de la solución hidropónica por el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) en los tratamientos de solución A y solución B.

- **Evaluar los costos asumidos por los cuatro tratamientos**

En base a los costos obtenidos de acuerdo a los insumos empleados para los cuatro tratamientos de producción de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica, evaluaremos cual de los tratamientos empleados se ajusta mejor al aporte de minimización en la producción de lechuga hidropónica.



### 3.4 FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Formulación de las soluciones A y B

Tomando en cuenta las prácticas llevadas en el cultivo de lechuga hidropónica es que se consideró para el presente proyecto tomar un volumen de 300 ml. de solución A y 150 ml de solución B, considerando en cada adición el nivel del agua en el pozo y las condiciones organolépticas que mostraban las lechugas en su desarrollo se fue disminuyendo ambas soluciones a medida de su proceso evolutivo.

Las soluciones hidropónicas A y B fueron empleadas en tres de los cuatro pozos de concreto utilizados para los tratamientos del presente proyecto.

#### 4.2 Formulación del preparado de microalga (*Spirulina sp*)

En base a los datos obtenidos teóricamente referentes a la necesidad de minerales de las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas, y haciendo una comparación de los minerales ya presentes en la *Spirulina sp* (figura 2) basándose en estudios y pruebas realizadas a lo largo de los años, es que se sostuvo la hipótesis de poder sustituir una solución hidropónica por un preparado de *Spirulina sp* (figura 2) y comprobar cuál es el efecto organoléptico (color) y de biomasa que pudiera tener la *Spirulina sp* (figura 2) al ser sustituida por alguna de las soluciones hidropónicas aplicadas al cultivo de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica; basándose en estos aportes se formuló un preparado de *Spirulina sp* (figura 3) para proceder a adicionarla al tratamiento con solución A y luego adicionarla el tratamiento con solución B.



Figura N° 2 *Spirulina sp* utilizada en el desarrollo de los tratamientos.



Figura N° 3 *Spirulina sp* en polvo.

Se trabajó con dos pozos:

Al primero se le llamó el Pozo Solución A; ya que en este pozo se adicionó solución hidropónica A y preparado de microalga (*Spirulina sp*) (figura 4); el número de adiciones de preparado de *Spirulina sp* (figura 4) en este pozo fue disminuyendo debido a factores que se tomó a los largo de todo el proceso evolutivo de las lechugas en el cual se determinó disminuir las cantidades de adición de solución

hidropónica A y de preparado de microalgas (*Spirulina sp*) para poder evitar problemas en el desarrollo vegetativo y de estrés en las lechugas hidropónicas.

Al segundo se le llamo el Pozo Solución B; en este pozo se adicionó solución hidropónica B y pr

eparado de microalgas (*Spirulina sp*) (figura 4); aquí el volumen y la adición de la solución y del preparado fue constante, ya que las condiciones en las que se iban desarrollando las lechugas estaban más estables con respecto a su color verde oscuro y las raíces blanquecinas, también se consideró parámetros como pH, temperatura del medio, conductividad eléctrica, condiciones organolépticas (color), para poder tomar en cuenta el volumen y la secuencia de adición de la solución hidropónica B y del preparado de microalgas (*Spirulina sp*) (figura 4).



Figura N°4 Preparado de microalgas (*Spirulina sp*).

#### **4.3 Siembra de lechuga en camas flotantes (segundo trasplante)**

Una vez obtenidas las plántulas de lechuga provenientes del post-almácigo el cual tiene un periodo de 15 días desde su siembra hasta su germinación o brote para luego ser llevadas a su segundo trasplante en camas flotantes para lo cual se aclimatarán otros 15 días hasta disponer su segundo trasplante definitivo (Figura 5) en el cual se procedió a envasar en vasitos de 1 onza (Figura 6) para luego trasplantarlas a

planchas de termopor de 1", cada vasito tendrá la función de soporte de la plántula de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica hasta completar su desarrollo evolutivo, y la disposición de su cosecha, las cuales luego serán envasadas y comercializadas al mercado.



Figura N° 5. Camas flotantes de primer trasplante de lechugas (*Lactuca sativa sp*), listas para su envasado.



Figura N° 6 Envasado de lechugas (*Lactuca sativa sp*) para el segundo trasplante.

Para desarrollar el proyecto (figura 7) se considerará 4 pozas.



Figura N° 7 Poza para realizar el segundo trasplante definitivo de lechuga

A lo largo de todo el desarrollo de los tratamientos estos pozos serán el medio en el que las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónica se desarrollaran hasta el momento de la disposición de su cosecha (Figura 8); la capacidad del volumen del agua será controlado día a día pues con ello se determinará otro de los factores importantes para el desarrollo de las lechugas.



Figura N° 8 Las 4 pozas de concreto para la utilización del segundo trasplante definitivo de lechugas (*Lactuca sativa sp*).

En cada poza las bandejas de termopor harán las veces de soporte para todo el proceso evolutivo de la lechuga hidropónica hasta la disposición de su cosecha (Figura 9).



Figura N° 9 Siembra de lechugas (*Lactuca sativa sp*) en el segundo trasplante.

Se contó con un total de 448 plántulas de lechuga distribuidas en número de 112 plántulas por poza en las que se distribuyó los dos tratamientos de preparado de microalgas (*Spirulian sp*) y solución hidropónica; el tratamiento estándar (figura 10) y el tratamiento en blanco.



Figura N° 10 Siembra del pozo Estándar (segundo trasplante definitivo).

El volumen final para cada pozo es de 300 L, se suministró agua potable en condiciones adecuadas para sistemas de riego, según los parámetros obtenidos en los

análisis obtenidos del laboratorio de análisis químicos de la universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Se monitoreó 8 plántulas al azar de cada pozo, para el evaluar el tamaño de las raíces y el control de la biomasa, estas fueron marcadas para ver el desarrollo que presentaban a lo largo de todo el proceso de crecimiento hasta su etapa de cosecha (figura 11).



Figura N° 11 Pozos del proyecto

#### **4.4 Acondicionamiento de los pozos en el proyecto**

##### **4.4.1 Pozo Blanco**

Para el desarrollo de este pozo (Figura 12) se procedió a llenarlo con agua potable, una vez completado el volumen del mismo a 300 L, se realizó la siembra de las 112 plántulas de lechuga (*Lactuca sativa sp*) en cuatro bandejas de termopor de 1", tomando en consideración las condiciones iniciales de pH, temperatura y conductividad eléctrica iniciales del medio (Tabla 4).



Figura N° 12 Módulo Blanco del proyecto.

Tabla N° 4 Control de pH en el pozo en Blanco

Según los días	pH	Conductividad eléctrica mS/cm
Día 7	6,7	1,5
Día 15	6,77	1,58
Día 23	6,8	1,3

En la tabla N° 4 se observa la toma de pH a lo largo del todo el desarrollo evolutivo las lechugas (*Lactuca sativa sp*) en el pozo blanco, los cuales están ligeramente elevados en cuanto los rangos de 5,5 y 6,5 en los que deberían conservarse, este parámetro nos indica que hay un deficiencia de minerales por lo tanto no hay disponibilidad de los mismos para las plantas en su desarrollo; en cuanto a los valores obtenidos con respecto a su conductividad eléctrica, estos se ajustan a determinar un agua de riego de buena calidad ajustable al momento de adicionar los fertilizantes o las soluciones nutritivas.

También se consideró el tamaño inicial de las raíces (Tabla 5), como se observa en las tres tomas realizadas en promedio llegan a superar el tamaño brindado por la empresa La Chiguateña la cual hace mención de 20 cm en aumento, no obstante no es crucial los 20 cm, pero si considerar el color blanquecino de sus raíces y su voluminosidad,

para que una vez envasadas y comercializadas puedan tener un promedio de 5 a 7 días de resistencia en su exposición a la venta en vitrina.

Tabla N° 5 Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo en Blanco.

Tomás según días/ N° de plántulas en tamaño de raíz(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8
Día 7	14,4	14	17,8	13	16	14,4	16	14
Día 15	16,5	16,9	18	20	23	19,3	26,4	17
Día 23	19,4	27	23,2	25	24,3	26,1	27	24

Se procedió dejar 48 horas de aclimatación de la lechuga, cabe mencionar como es un pozo en condiciones de Blanco, no se le adicionó ningún tipo de nutriente a lo largo de todo su desarrollo, hasta la disposición de su cosecha tomando en cuenta los parámetros que se requieren en la empresa “La Chiguateña” para su comercialización.

Todos los días se procedió a oxigenar las poza manualmente removiendo el agua con una varilla y sacudiendo las bandejas de termopor, los primeros días luego de su siembra las lechugas estaban turgentes, verdes y empezando a enraizar más.

A los 10 días de realizado su trasplante las lechugas presentaban un desarrollo similar a los 3 módulos del proyecto, con raíces blancas, hojas turgentes, en cuanto al color no estaban verdes más bien un poco amarillas en comparación con los demás pozos.

A los 15 días se observa que las lechugas van deteniendo su desarrollo foliar y se tornan más amarillas, sus raíces siguen blancas.

Continuamos con la oxigenación diaria, removiendo el agua con una varilla; en este pozo se completó el enraizado del volumen de agua una sola vez, asumiendo por teoría que las plantas y el mismo medio pueden contribuir a la disminución en el volumen del mismo.

Al cabo de un mes se procedió a realizar la cosecha, no siendo aprovechable ninguna de las lechugas de este pozo, puesto que no alcanzaron pesos adecuados para su

comercialización; tomando en cuenta los parámetros que se establecen en la empresa La Chiguateña para poder expender la lechuga a los mercados se necesita pesos que vayan desde los 60 g y el color de la lechuga sea de un verde oscuro y los pesos de estas lechugas oscilaron entre 35 y 45 g no llegando ni al mínimo peso requerido para su comercialización, otro de los factores determinantes fue el color verde alimonado que presentaron sus hojas al final de su desarrollo el cual también es un punto determinante para su venta.

Aportando como idea final, que el cultivo de lechuga hidropónica, necesariamente requiere del aporte de soluciones hidropónicas para su desarrollo, y comercialización.

El agua empleada en este tratamiento le dio a la lechuga inicialmente condiciones para desarrollarse pero a media que la planta se desarrollaba se empezó a notar la necesidad de las mismas por nutrientes que solo el agua no podía aportar.

#### 4.4.2 Pozo Estándar

Bajo las mismas condiciones que realizamos en el proceso de producción de lechuga hidropónica en la empresa La Chiguateña procedimos a realizar el segundo trasplante definitivo de las 112 plántulas, tomando en consideración llenar el pozo inicialmente con agua potable hasta completar el volumen de 300 L; tomamos en cuenta el tamaño inicial de sus raíces (Tabla 6), en esta tabla podemos observar como las raíces de las lechugas superan los parámetros que determina la empresa La Chiguateña para su comercialización (20cm).

Tabla N° 6 Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo en Estándar.

Medida de raíz (cm)/N° de plántulas	1	2	3	4	5	6	7	8
1ra medida	10	13,1	15,3	15,7	12	14	15,4	13,7
2da medida	18	23,7	20,4	21,6	20	26,3	23	19,8
3ra medida	23	25,8	26	22	24,5	28,7	27	22,5

El pH a lo largo de todo el desarrollo evolutivo de las lechugas se mantiene en los parámetros obtenidos teóricamente y los provistos por la empresa La Chiguateña (6,0

y 6,5) determinando así condiciones favorables y óptimas en cuanto a la disponibilidad de nutrientes en el medio para el desarrollo de las lechugas hidropónicas (*Lactuca sativa sp*).

La conductividad eléctrica (Tabla 7) supera ligeramente los parámetros teóricos pero al observar y analizar físicamente las lechugas nos da la seguridad que este parámetro es manejable y el desarrollo de las lechugas no se ve afectado; también mencionaremos que para otros autores este rango es viable y no sobrepasa los límites (< 2,5 mS/cm), pero es aquí determinante las condiciones en las que se observan las lechugas físicamente, para poder tomar una variación a su cultivo, puesto que esta observación es positiva, se ajusta a definir como un rango manejable de conductividad eléctrica en todo su desarrollo.

Tabla N° 7 Control de pH en el pozo Estándar.

Según los días	pH	Conductividad eléctrica mS/cm
Día 7	6,44	2,3
Día 15	6,25	2,2
Día 23	6,5	2,46

Al igual que en los tres pozos del proyecto y considerando la aclimatación de las plantas para contribuir a que no sufran ningún tipo de stress, se mantuvo con agua a las lechugas sin adición de ningún tipo de nutriente; a los dos días procedimos primero a ajustar el pH del medio con ácido fosfórico, luego se adicionó solución hidropónica A 300 ml. y solución hidropónica B 150 ml.

Cada día se procedió a oxigenar la poza manualmente con una varilla y removiendo las planchas de termopor (Figura 13).



Figura N° 13 Los 5 días de realizado el segundo trasplante en el pozo estándar.

A la semana de realizada el trasplante, las raíces se conservan blancas el desarrollo de las lechugas fue bueno; encontrándose visiblemente presencia de solución en el medio lo que nos indica que no hay necesidad en este punto de volver a llenar el pozo, como el volumen del agua no ha disminuido notoriamente, se bajó el volumen de solución hidropónica y se adicionó solución hidropónica A 150 ml. y la solución hidropónica B 100 ml para evitar el estrés de las plantas o que puedan tornarse las hojas amarillas o las raíces marrones.

A los 15 días (Figura 14) las condiciones de este pozo son normales y adecuadas, las hojas están con un color verde oscuro, turgentes, siguen saliendo nuevas hojas, en cuanto a sus raíces conservan el color blanquecino, largo pero no voluminoso, y conserva un pH y conductividad eléctrica estable lo que indica que se está en los parámetros adecuados para su desarrollo, se volvió a completar el volumen de agua en el pozo a la medida de 300 L.



Figura N° 14 Los 15 días de cultivo pozo estándar.

A lo largo de este mes de desarrollo (Figura 15) este pozo fue uniforme se le adicionó tres veces solución hidropónica A y solución hidropónica B (Tabla 8) solo al inicio se adicionó 300 ml de solución hidropónica A y 150 ml de solución hidropónica B puesto que es un sistema de raíz flotante y el agua de cierta forma conserva el volumen sin escape salvo la absorción de las mismas plantas, por estas razones se disminuyó el volumen de las soluciones para evitar que las plantas puedan quemarse o su desarrollo foliar se vea afectado.

Tabla N° 8 Evaluación de la cantidad de solución en el pozo Estándar.

N° DE ADICIÓN DE SOL.	SOL. A (ml)	SOL. B (ml)	Ácido fosfórico (ml)
1	300	150	10
2	150	100	10
3	150	100	10
<b>TOTAL</b>	<b>600</b>	<b>350</b>	<b>30</b>



Figura N° 15 Los 28 días de cultivo en el pozo estándar.

Según las condiciones estándares para el proceso de producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa sp*) se obtuvo en este pozo un desarrollo uniforme de las 112 plántulas, frondosas, turgentes, con un color verde oscuro adecuado para su comercialización; en cuanto a sus raíces se conservaron blancas largas no voluminosas; se obtuvo una biomasa que oscilan entre 49 g y 128 g; acotamos como gasto total de solución hidropónica A 600 ml y solución hidropónica B 350 ml.

El desarrollo en este pozo sirvió para determinar las condiciones en las que las lechugas hidropónicas tienen que comercializarse, con respecto a su color y biomasa que son parámetros que se toman en cuenta para salir al mercado, en base a este pozo se determinará si los siguientes tratamientos en los pozos en blanco, solución A y solución B tienen las características adecuadas para que las lechugas puedan comercializarse en el mercado.

Concluyendo con este pozo bajo las condiciones estándares trabajadas se pudo lograr una producción adecuada y uniforme a las condiciones del mercado según parámetros trabajados en la misma empresa La Chiguateña.

#### 4.4.3 Pozo Solución A

Para el desarrollo de las lechugas en este pozo se trabajó con solución hidropónica A y preparado de microalgas (*Spirulina sp*) 5 g; como en el caso de los otros pozos se procedió a oxigenar diariamente y manualmente este pozo con una varilla y a remover las planchas de termopor, se consideró inicialmente el tamaño de las raíces (Tabla 9) los cuales a lo largo de todo su proceso evolutivo en las tres tomas llegan a superar en promedio los parámetros que maneja la empresa La Chiguatena (< 20 cm); observando que tienen un mayor volumen en comparación con los otros tres tratamientos, que pueden superarlas en cuanto a dimensiones, pero en volumen este tratamiento tiene mayores ventajas.

Tabla N° 9 Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo Sol. A.

Medida de raíz (cm)/N° de plántulas	1	2	3	4	5	6	7	8
1ra medida	13,5	13,3	15	17,8	12,6	16,5	14,5	16
2da medida	16,9	19	18	20,5	15,5	19	20,3	22,5
3ra medida	18,3	26,5	21,5	23	18,8	19,7	20,9	23,6

El pH nos da parámetros ligeramente elevados que puede determinar una deficiencia de minerales los cuales corresponden a la gama de micronutrientes, y claro mencionar que en este tratamiento estamos obviando la adición de solución hidropónica B la cual posee toda esta gama de micronutrientes, y es por ello que la planta lo manifiesta en los valores que arrojan sus pH, pero este parámetro solo ratifica el proyecto en el que se está trabajando mas no es determinante ya que existe otros parámetros como son la conductividad eléctrica (Tabla 10) que si muestra disponibilidad de sales en la planta para su desarrollo, con respecto a estos parámetros observados y por último teniendo en cuenta las condiciones que manifiestan las lechugas físicamente, como son el color de sus hojas el color de sus raíces y el color de medio; corregiremos estos valores con la adición de ácido fosfórico y se tomará en cuenta su desarrollo posterior; para poder hacer las variaciones correspondientes en cuanto a la adición de soluciones hidropónicas y preparados de Spirulina.

Tabla N° 10 Control de pH en el pozo Sol. A.

Según los días	pH	Conductividad eléctrica mS/cm
Día 7	6,76	1,6
Día 15	6,68	1,48
Día 23	6,73	1,53
Día 30	6,5	2,46

Se procedió a llenar el pozo con agua potable a un volumen final de 300 L, para continuar con su segundo trasplante definitivo.

Tomando como inicio para el cultivo de las lechugas (Figura 16) en este pozo se adicionó 10 ml ácido fosfórico, también se adicionó 300 ml. de solución hidropónica A y 5 gr. de preparado de microalgas (*Spirulina sp*).

A la semana de realizado el trasplante, las raíces se tornaron un tanto amarillas pero se observó que había un notorio desarrollo radicular por encima de estas condiciones en las cuales las raíces nuevas iban emergiendo, las hojas permanecen verdes.



Figura N° 16 Módulo solución A

A los 10 días se observó que las raíces estaban más voluminosas cambiando a un color blanquecino, pero las hojas estaban frondosas y turgentes con color amarillento no siendo muy adecuado a su desarrollo.

Al día 14 de su desarrollo observando un mejor color de las raíces y volumen, se procedió a adicionar ácido fosfórico para ajustar los niveles de pH, preparado de microalgas (*spirulina sp*) y 100 ml de solución hidropónica A, observando que las lechugas estaban con buen tamaño (Figura 17).



Figura N°17 Los 15 días del pozo solución A.

A las tres semanas se aumentó el volumen de agua para completar los niveles de la poza de concreto al nivel de 300 L, notándose una disminución normal en comparación con el pozo estándar, se adicionó también ácido fosfórico para ajustar los niveles de pH, 150 ml de solución hidropónica A y 5 g de preparado de microalgas (*Spirulina sp.*).

En toda la etapa de desarrollo (37 días) se adicionó tres veces solución hidropónica A y solución de *Spirulina sp.* (Tabla 11), se bajó las cantidades puesto que era notoria la presencia de solución en el medio de cultivo, en total utilizamos 550 ml de solución A y 15 g de preparado de microalgas (*Spirulina sp.*).

Tabla N° 11 Evaluación de la cantidad de solución en el pozo Sol A.

N° de adición de solución.	Sol. A (ml)	Sol. B (ml)	<i>Spirulina sp</i> (g)	Ácido fosfórico (ml)
1	300	0	5	10
2	100	0	5	10
3	150	0	5	10
4	0	200	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>550</b>	<b>200</b>	<b>15</b>	<b>30</b>

Al cabo de un mes (Figura 18) se consiguió lechugas turgentes, frondosas, con un desarrollo radicular voluminoso en comparación al tratamiento con solución B y el estándar, pero su color no era el adecuado para su comercialización y no se ajustaba a los parámetros obtenidos en el pozo estándar.



Figura N° 18 Los 30 días del pozo solución A

Se decidió agregarle 200 ml de sol. B y darle una semana para ver como evolucionaba. Al cabo de esta semana las lechugas se tornaron del color verde oscuro seguían frondosas, turgentes, y sus raíces se conservaron blanquecinas y voluminosas, se obtuvo biomásas que oscilan entre 117 g y 167 g (Figura 19) (Figura 20).



Figura N° 19 Biomasa de la lechuga (Plántula n° 1) del pozo solución A a los 37 días



Figura N° 20 Biomasa de la lechuga (plántula n° 4) del pozo solución A a los 37 días

Se concluye este tratamiento a los 37 días de su control y evaluación listas para su determinación de cosecha (Figura 21), con grandes expectativas de ver que la solución hidropónica A y preparado de microalgas (*Spirulina sp*) conllevaron a un buen desarrollo radicular, foliar, y organoléptico (color) en el proceso de producción de lechuga hidropónica. Considerando que en un proceso normal estándar aplicado en

este cultivo los periodos de producción de lechuga hidropónica son llevados en un margen de 30 a 40 días desde su segundo trasplante hasta la disposición de su cosecha.



Figura N°21 Los 38 días del pozo Sol. A.

#### 4.4.4 Pozo solución B

Para el tratamiento a este pozo se inició igualmente con la toma de parámetros como pH encontrando nuevamente una ligera elevación de este parámetro en comparación con tratamiento de solución A este tiene menos aumento del parámetro de pH y se puede determinar que se ajusta a los rangos establecidos para el manejo de cultivo de lechuga hidropónica en la empresa La Chiguateña; sin embargo tomaremos en cuenta el siguiente parámetro para poder tener una definición más exacta de este cultivo y evaluamos la conductividad eléctrica (Tabla 12) la cual está ligeramente sobre los parámetros que determina la teoría ( $< 2,5$ ); pero estos parámetros determinan que el tratamiento empleado en este proyecto, ya que aquí se está trabajando con solución hidropónica B y preparado de microalgas; por lo tanto si este parámetro se encuentra elevado es por la disposición elevada de sales correspondientes a micronutrientes provenientes de la solución hidropónica B y el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) 5 g; y es un punto para tener en cuenta que definiremos con respecto a las condiciones

físicas en las que observemos a las plántulas de lechuga; estos parámetros también se ajustarán con la adición de ácido fosfórico

Tabla N° 12 Control de pH en el pozo Sol. B.

Según los días	pH	C.E-mS /cm
Día 7	6,8	1,8
Día 15	6,58	2,63
Día 23	6,54	2,56
Día 30	6,5	2,46

Otro parámetro en cuenta fue medir el tamaño de las raíces de este tratamiento (Tabla 13), en los cuales se observó notoriamente un elevado aumento radicular en dimensión en comparación con el tratamiento estándar y el tratamiento de solución A.

Tabla N° 13 Evaluación del tamaño de las raíces en el pozo Sol. B.

Medida de raíz (cm)/N° de plántulas	1	2	3	4	5	6	7	8
1ra medida	16	18	19	19,9	16,5	14,5	20,3	14
2da medida	19,3	20	21,9	23,9	25,5	21,7	23,5	21,5
3ra medida	23,4	25	28,9	29,5	31	27,7	31,3	29

El pH inicial fue de 6.8 como en los anteriores tratamientos adicionamos 10 ml de ácido fosfórico y solución hidropónica B 150 ml. Se oxigenó diariamente el pozo con una varilla y manualmente removiendo las planchas de termopor como en los otros tres tratamientos.

A la semana de su trasplante (Figura 22) se volvió a adicionar solución B 100 ml. juntamente se completó el nivel del pozo con agua a 300 L, puesto que no la perdió notoriamente, y se notaba presencia de solución en el pozo; las lechugas a este tiempo están verdes, turgentes, pero no se observa desarrollo foliar; las raíces están blancas largar no voluminosas.



Figura N°22 Los 7 días del pozo solución B.

A lo largo del mes de tratamiento las lechugas no presentaron mayores complicaciones en su desarrollo (Figura 23); se conservaron verdes, no hubo un desarrollo foliar notorio, sus raíces se conservaron blancas y un poco más elongadas en comparación con el tratamiento estándar, obtuvimos pesos que oscilan entre 34 g y 60 g.



Figura N° 23 Los 12 días del pozo solución B.

En esta etapa al cumplir ya el proceso productivo un mes (Tabla 14), al igual que en el pozo de solución A, se le adicionó 200 ml. de sol. A, 5 g de *Spirulina sp* disueltas previamente en agua y ácido fosfórico, dándole un promedio de 7 días más para completar su crecimiento y la disposición final para su cosecha.

Tabla N° 14 Evaluación de la cantidad de solución en el pozo Sol B.

N° DE ADICIÓN DE SOL.	SOL. A (ml)	SOL. B (ml)	<i>Spirulina sp</i> (g)	Ácido fosfórico (ml)
1	0	150	5	10
2	0	100	5	10
3	0	100	5	10
4	0	100	5	5
5	200	0	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>40</b>

A los 37 días de tratamiento no hubo mayor incremento de tamaño y desarrollo foliar en las lechugas, se concluyó el proceso, tomando en consideración que para una comercialización de lechuga hidropónica este tratamiento no se ajusta a los estándares que se requiere.

Cabe concluir que en una hidroponía doméstica casera o familiar, estas se ajustan a la necesidad del sistema, más no a lo que respecta una hidroponía comercial que si bien pone mucho énfasis a las condiciones organolépticas (color) y de biomasa de la lechuga (Figura 24).



Figura N°24 Los 28 días del pozo solución B

#### 4.5 Características morfológicas y de biomasa

En esta etapa se evalúa la biomasa (pesos) en los tres tratamientos en los que se realizó en el cultivo de lechugas hidropónicas (Tabla 15); según los parámetros definidos por la empresa La Chiguateña se determinó la evaluación del tratamiento estándar en el cual se obtuvo pesos que oscilan desde 49 g hasta 128 g; en el caso del tratamiento solución A la biomasa (peso) oscila entre 117 g hasta 167 g; aquí se puede observar el gran aporte que le proporcionó el preparado de Spirulina a la planta de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica por superar en gran proporción los parámetros que se manejan con respecto al cultivo normal con soluciones hidropónicas A y B; para el tercer tratamiento con solución B y preparado de Spirulina la biomasa (peso) obtenida oscila entre 34 g y 60 g; lo cual denota que si bien se pueden manejar estas lechugas al momento de su envasado, no serían comercialmente adecuadas ya que se tendría que manejar en un número mayor de unidades por bolsa, y los requerimientos que exige la empresa es manejar más volumen de lechuga (peso) y menos cantidad de plantas por bolsa, lograr en promedio una lechuga por bolsa.

Tabla N° 15 Evaluación de la biomasa en los tres  
tratamientos de producción.

PLÁNTULA	Estándar (g)	Sol. A (g)	Sol. B (g)
1	49	158	57
2	126	127	46
3	95	117	42
4	90	167	60
5	65	162	46
6	108	118	47
7	128	160	46
8	83	133	34

En cuanto al tratamiento en Blanco no se consideró puesto que no estaba entre los parámetros y expectativas comerciales comparadas y observadas en el tratamiento estándar con respecto a la biomasa (peso) y el color de las lechugas.

La evaluación del tamaño de las raíces de las lechugas hidropónicas (*Lactuca sativa* sp) en los cuatro tratamientos empleados en el proyecto, hacia su última semana de proceso evolutivo (Tabla 16), si bien es cierto estas dimensiones de las raíces aportadas por la empresa La Chiguateña para poder comercializar las lechugas (< 20 cm) son uno de los parámetros importantes para que puedan llegar a vitrina y su duración tenga en promedio de 5 a 7 días, este no es determinante, por ello como referencia se muestra las dimensiones de las raíces del tratamiento blanco las cuales oscilan entre 19,4 cm y 27 cm, no define su comercialización; en cuanto al tratamiento estándar se obtuvo medidas que van desde los 22 cm hasta los 28,7 cm, las cuales muestran un buen desarrollo radicular, pero igualmente no definen su desarrollo por completo; en cuanto al tratamiento con solución A los parámetros obtenidos oscilan entre 18.3 cm y 26,5 cm, aquí no se observa mucho desarrollo radicular en cuanto a elongación de las mismas pero su volumen fue muy contrastante en cuanto a la comparación con el tratamiento estándar; el último tratamiento con solución B muestra parámetros que van desde 23,4 cm hasta 29,5 cm; algunos autores antes mencionados manifiestan también que el desarrollo radicular de las lechugas se puede deber a un geotropismo, o algunas necesidades de

nutrientes, pero las manifestaciones físicas de las plantas nos determinan si estas necesidades son ciertas. (Figura 25).

Tabla N° 16 Evaluación del tamaño de las raíces en los cuatro  
tratamientos de producción de lechuga hidropónica.

Plántulas	Blanco/raíz (cm)	Estándar/raíz (cm)	Sol. A/raíz (cm)	Sol. B/raíz (cm)
1	19,4	23	18,3	23,4
2	27	25,8	26,5	25
3	23,2	26	21,5	28,9
4	25	22	23	29,5
5	24,3	24,5	18,8	31
6	26,1	28,7	19,7	27,7
7	27	27	20,9	31,3
8	24	22,5	23,6	29

Se considera que el proceso de desarrollo de la lechuga hidropónica en la empresa “La Chiguateña” tiene un periodo de 25 a 40 días, en este periodo se toman en cuenta parámetros importantes para poder comercializar las lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas, como son el color y la biomasa (peso).

En cuanto al color con el que las lechugas están listas para su comercialización deben presentar una tonalidad entre verde claro a verde oscuro siendo las más adecuadas y las más cotizadas por los consumidores.

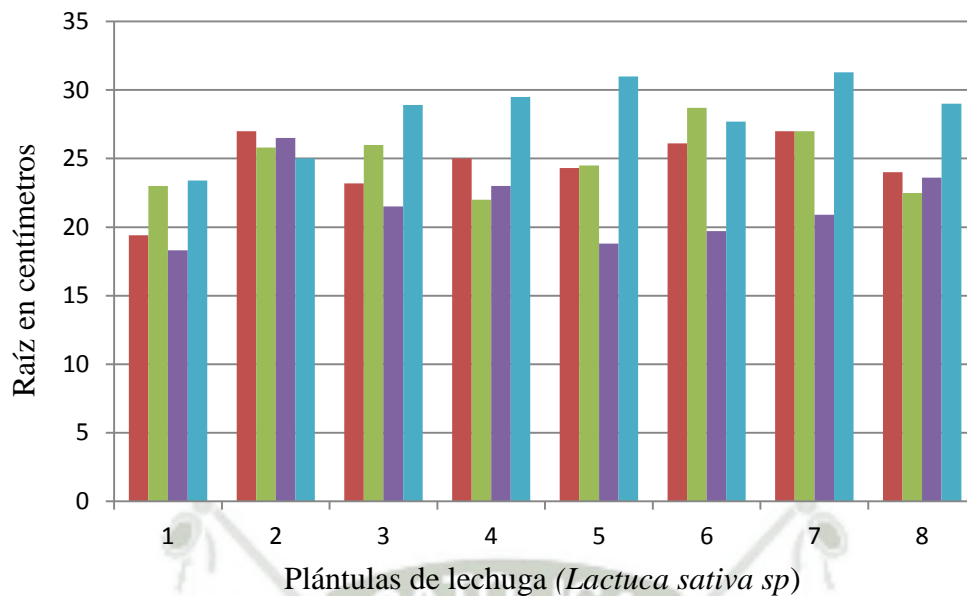


Figura N° 25 Comparación del tamaño de las raíces en la última semana de su proceso evolutivo en los cuatro tratamientos de lechuga hidropónica.

Las Barras rojas de este gráfico nos muestran las ocho plántulas del tratamiento Blanco, las barras verdes corresponden al tratamiento Estándar, las barras lilas corresponden al tratamiento con Solución A y las barras celestes al tratamiento con Solución B, el cual determina un marcado geotropismo de las plántulas de lechuga y también la necesidad de algún nutriente ausente para su crecimiento y desarrollo; según las investigaciones observadas, podemos mencionar que a través de la adición de la solución hidropónica B se ha estado estimulando el desarrollo de algún tipo de proteína que estimula el crecimiento radicular en las plántulas de lechuga para que estas puedan desarrollar los pelos radiculares que son los encargados de buscar y absorber los nutrientes provistos en el medio en el que se están desarrollando las plantas.

Con respecto a la biomasa se considera una lechuga comercial cuando alcanza un peso que supera los 50 g; ya que en su envasado se colocará en promedio de dos a tres lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas por bolsa; y si obtenemos más biomasa, el envasado será en menor número de lechugas por bolsa y por ende cuanto más biomasa (peso) alcanza la lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica menor número de las mismas por bolsa, y elevaríamos la venta al mercado (Tabla 16).

Para el tratamiento Estándar, se logró pesos entre 49 g y 128 g (Figura 26), el color según la clasificación que realizamos en base a los datos de la empresa “La

Chiguateña” fue de A (verde oscuro) (Tabla 17), y se logró cosechar en su número total las 112 lechugas inicialmente trasplantadas.

Para el tratamiento Solución A, a los 38 días de su segundo trasplante definitivo, se lograron pesos que oscilan entre 118 g y 167 g (Figura 26), el color según la clasificación fue de A (verde oscuro) (Tabla 17), se lograron cosechar las 112 lechugas.

Al tratamiento de solución B, para los 38 días desde su segundo trasplante se obtuvo pesos que oscilan entre 34 g y 60 g (Figura 26), siendo considerados para una hidroponía casera, más no para una hidroponía comercial, con respecto a su clasificación según el color fue A (verde oscuro) (Tabla 17).

Tabla N° 17 Escala de valoración para los cuatro tratamientos empleados en la producción de lechuga hidropónica.

Calificación	A	B	C
Blanco			x
Estándar	X		
Sol. A	X		
Sol. B	X		

Según los parámetros establecidos por la empresa “La Chiguateña” la biomasa obtenida en este tratamiento dista mucho de las condiciones requeridas para la comercialización de lechuga (*Lactuca sativa* sp) hidropónica; pero con respecto a las condiciones morfológicas dispuestas en la empresa, la tonalidad de color es adecuada.

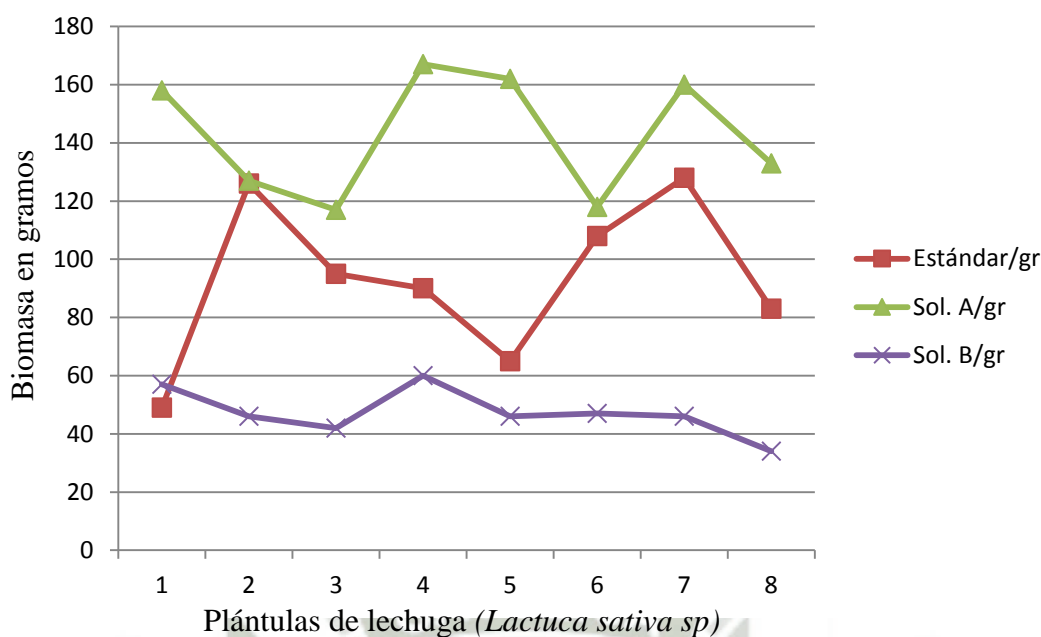


Figura N° 26 Comparación de la biomasa en los tres sistemas de producción de lechuga hidropónica.

Concluyendo esta etapa de evaluación morfológica y de biomasa, quedan buenas expectativas en cuanto al desarrollo mostrado por las lechugas en su tratamiento con solución hidropónica A y el preparado de microalgas (*Spirulina sp*) (Tabla 18) (Figura 27).

Tabla N° 18 Contenido de soluciones consumidas en cada tratamiento del proyecto.

SOLUCIONES/POZAS	SOL. A (ml)	SOL. B (ml)	<i>Spirulina sp</i> (ml)	Ácido fosfórico (ml)
BLANCO	0	0	0	0
ESTÁNDAR	600	350	0	30
Solución A+ <i>Spirulina sp</i>	550	200	15	30
Solución B+ <i>Spirulina sp</i>	200	450	25	40

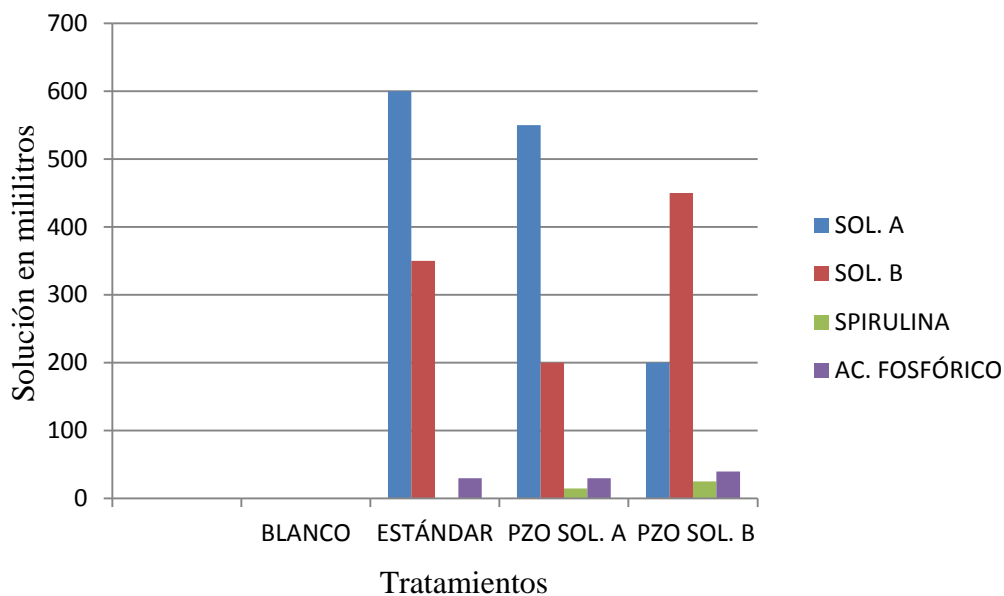


Figura N° 27 Comparación del consumo de soluciones hidropónicas en cada tratamiento a lo largo de todo su desarrollo.

#### 4.6 Evaluación del costo de cada tratamiento en el proyecto según los insumos empleados

Para realizar la preparación de las soluciones hidropónicas A y B utilizadas en el tratamiento estándar, las distribuidoras en nuestra localidad disponen en muchos de los componentes sus ventas por sacos de 25 kg, 50 kg o en algunos minerales a partir de 1 kg; es importante mencionar que según los volúmenes a emplear en la preparación de las soluciones contaremos con remanentes de algunos minerales, dependiendo de las cantidades que necesitemos preparar, en algunos casos solo se dispondrá del mineral en la primera preparación sin remanente; uno de los minerales más costosos es el quelato de fierro y el molibdato de amonio, y se emplea bajas cantidades pero sigue haciendo de la preparación de las soluciones un costo elevado y a veces poco manejable para la empresa o los mismos agricultores (Tabla 19).

Tabla N° 19 Costo de las soluciones hidropónicas para el tratamiento estándar

COMPONENTE	SACO (kg)	COSTO (S/.) POR SACO
Nitrato de potasio	25	97.00
Nitrato de amonio	50	70.00
Superfosfato triple de calcio	50	80.00
Sulfato de magnesio	25	28.00
Quelato de hierro	1	108.00
Sulfato de manganeso	1	7.00
Ácido bórico	1	5.00
Sulfato de zing	1	6.00
Sulfato de cobre	1	7.00
Molibdato de amonio	250 g	654.00
<b>COSTO TOTAL DE SOLUCIÓN</b>		<b>1062.00</b>

El costo que se muestra en la tabla 19, es el precio por adquirir cada uno de los componentes minerales que se emplean para la preparación de las soluciones hidropónicas, como se mencionó anteriormente, la venta de estos minerales es en muchos casos por cantidades mayores a las requeridas según los volúmenes a preparar.

Tabla N° 20 Costo de la solución hidropónica A y de la Spirulina

COMPONENTE	SACO (kg)	COSTO (S/.) POR SACO
Nitrato de potasio	25	97.00
Nitrato de a	50	70.00
Superfosfato triple de calcio	50	80.00
Spirulina sp	250 g	120.00
<b>COSTO TOTAL DE LA SOLUCIÓN Y Spirulina sp</b>		<b>367.00</b>

Para la preparación de las solución hidropónica A (Tabla 20), comprando los requerimientos minerales necesarios para su formulación se tuvo un gasto de 367.00 nuevos soles, el costo de la Spirulina por bolsa de 250 g es de 120.00 soles, en total

tenemos un gasto para este tratamiento de 367.00 nuevos soles; estaríamos abaratando el costo en casi una tercera parte de lo usualmente gastado en la formulación de las soluciones hidropónicas A y B.

Para el desarrollo de este proyecto, aparte de las condiciones en las que se mejoró la producción de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica, se cuenta con un abaratamiento de costos, con respecto a la elaboración de las soluciones hidropónicas.

Tabla N° 21 Costo de la solución hidropónica B y de la Spirulina

COMPONENTE	SACO (kg)	COSTO (S/.) POR SACO
Sulfato de magnesio	25	28.00
Quelato de hierro	1	108.00
Sulfato de manganeso	1	7.00
Ácido bórico	1	5.00
Sulfato de zing	1	6.00
Sulfato de cobre	1	7.00
Molibdato de amonio	250 g	654.00
Spirulina sp	250 g	120.00
<b>COSTO TOTAL DE LA SOLUCIÓN Y Spirulina sp</b>		<b>935.00</b>

En la preparación de la solución hidropónica B (Tabla 21), los requerimientos minerales necesarios para su formulación se tuvo un gasto de 815.00 nuevos soles, el costo de la Spirulina por bolsa de 250 g es de 120.00 nuevos soles, en total tenemos un gasto para este tratamiento de 935.00 nuevos soles; aún pese a ocupar la Spirulina como preparado, y tomando en cuenta los resultados obtenidos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica, en la que se determinó que la lechuga no era apta para la comercialización por las condiciones de biomasa(peso) que se obtuvo, y a pesar de darle una semana más de tratamiento y corrección no se logró las expectativas comerciales, se considera incluso este tratamiento más elevado económicamente hablando en comparación con el tratamiento estándar.

Como conclusión al análisis de costos que se consideró para estos tres tratamientos, es muy positivo el tratamiento de solución hidropónica A y preparado de Spirulina a lo largo de todo el proceso evolutivo de las lechugas hidropónicas, siendo aplicable en forma mínima la solución hidropónica B a partir de la última semana de desarrollo de la lechuga hidropónica previa a su cosecha, lo cual de igual forma causa un abaratamiento sustancial al agricultor y la empresa.

#### 4.7 Evaluación del costo detallado de los insumos de cada tratamiento según los volúmenes empleados

Según los volúmenes empleados en cada tratamiento del proyecto se analizó los costos que formularon en todo su proceso de producción, tomando en cuenta que el desarrollo del tratamiento con solución Estándar implicó el uso de 600 ml de solución A y 350 ml de solución B, según este volumen de soluciones se analizará cual fue el gasto exacto que implicó el proceso de producción en este tratamiento; en cuanto al tratamiento con solución A, se trabajó con un volumen de 550 ml de la misma solución desde su etapa de segundo trasplante hasta su cosecha y con 15 g de preparado de microalga, igualmente desde su etapa de segundo trasplante hasta su cosecha, acotando una adición de 200 ml de solución B para su etapa final, una semana previa a su cosecha; para el caso del tratamiento solución B se utilizó 400 ml de la misma solución, 25 g de preparado de microalga y una adición previa a su semana de cosecha de 200 ml de solución A; en base a todos estos volúmenes utilizados se tomó el costo exacto de las soluciones (Tabla 22).

Tabla N° 22 Costo de cada tratamiento según los volúmenes utilizados en el proyecto

COMPONENTE	TRAT. SOL A (S/.)	TRAT. SOL B (S/.)	TRAT. ESTÁNDAR (S/.)
SOL. A	0.32032	0.11648	0.34944
SOL. B	0.50168	1	0.87794
SPIRULINA	7.2	12	0
<b>COSTO (S/.)</b>	<b>8.022</b>	<b>13.11648</b>	<b>1.22738</b>

Se observa que el tratamiento Estándar tiene un gasto de S/. 1.22738, comparado con el tratamiento de solución A que tuvo un gasto de S/. 8.022, en cuanto al tratamiento con solución B se precisa un gasto de S/. 13.11648; se observa claramente que el

tratamiento Estándar resulto siendo el más económico en el desarrollo del proyecto; cabe mencionar que para una producción ecológica y sana con disminución en el uso de agroquímicos, el uso de *spirulina sp* se puede desarrollar en los mismo pozos de producción de lechuga, y así abaratar más el costo en empleo de esta microalga, como lo mencionan autores que contemplan el uso de microalgas incineradas o en molienda lanzadas directamente a sus campos de cultivo.

#### 4.8 Tiempo de producción de la lechuga

Tomando como referencias el proceso de desarrollo de lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas en un periodo de 25 a 40 días referentes a la empresa “La Chiguateña”, y en base al tratamiento estándar; considerando los tratamientos formulados para dichos procesos; es que concluimos el presente trabajo con los siguientes resultados:

- **Pozo Blanco:** Con un periodo de 30 días desde se segundo trasplante hasta el día de su cosecha.

Lechugas pequeñas sin desarrollo foliar, sin peso adecuado, hojas amarillas no siendo aprovechadas ninguna de las 112 lechugas.

- **Solución Estándar:** Con un periodo de 30 días desde su segundo trasplante hasta el día de su cosecha.

Lechugas color verde oscuro, con pesos adecuados, siendo aprovechadas las 112 lechugas trasplantadas inicialmente.

Demostrando así que las condiciones en las que se trabajó en este tratamiento son las adecuadas para la producción y comercialización de lechuga (*Lactuca sativa sp*) hidropónica.

- **Solución A + *Spirulina sp*:** Con un periodo de 38 días desde su segundo trasplante hasta el día de su cosecha.

Lechugas de color verde oscuro, con un desarrollo foliar mayor al del tratamiento estándar y un peso más elevado al tratamiento antes mencionado fueron

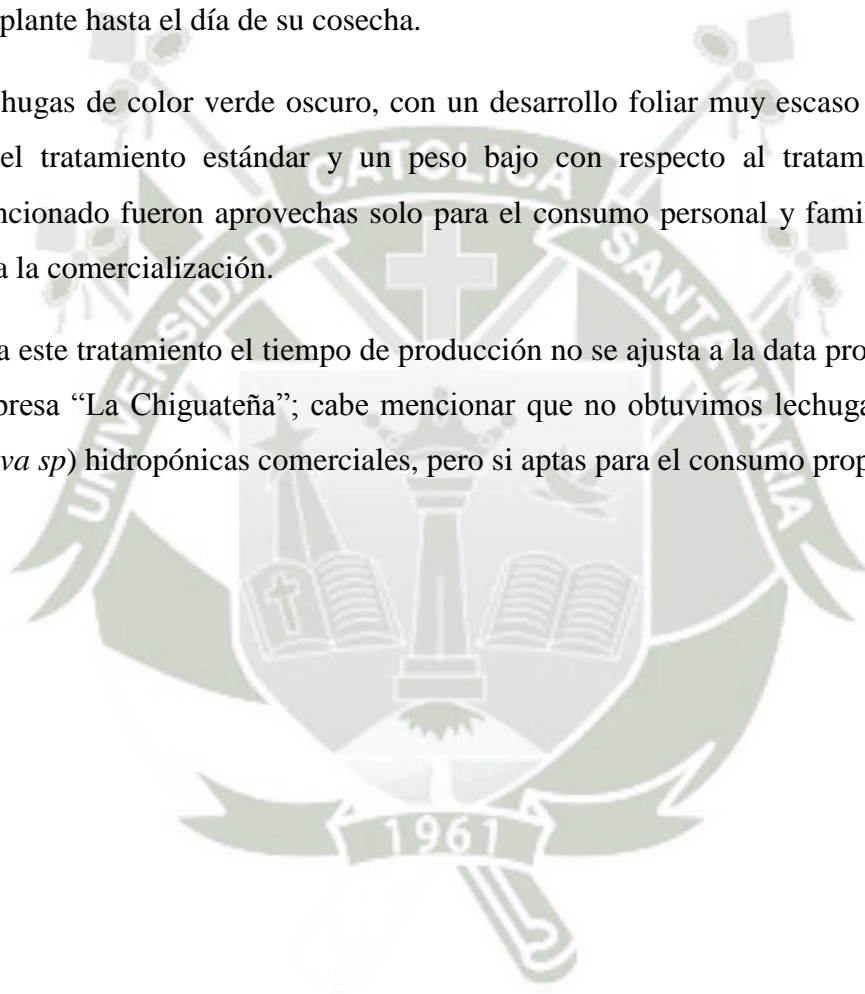
aprovechas las 112 lechugas trasplantadas inicialmente.

Con una semana adicional de tratamiento, pero estando dentro de los parámetros referentes a los establecidos por la empresa “La Chiguateña” para la comercialización de lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas, se obtuvo un mejor desarrollo del producto en cuanto a biomasa (peso) y condiciones organolépticas (color) superiores a las del tratamiento estándar.

- **Solución B + *Spirulina sp*:** Con un periodo de 38 días desde su segundo trasplante hasta el día de su cosecha.

Lechugas de color verde oscuro, con un desarrollo foliar muy escaso al presente en el tratamiento estándar y un peso bajo con respecto al tratamiento antes mencionado fueron aprovechadas solo para el consumo personal y familiar mas no para la comercialización.

Para este tratamiento el tiempo de producción no se ajusta a la data provista por la empresa “La Chiguateña”; cabe mencionar que no obtuvimos lechugas (*Lactuca sativa sp*) hidropónicas comerciales, pero si aptas para el consumo propio.

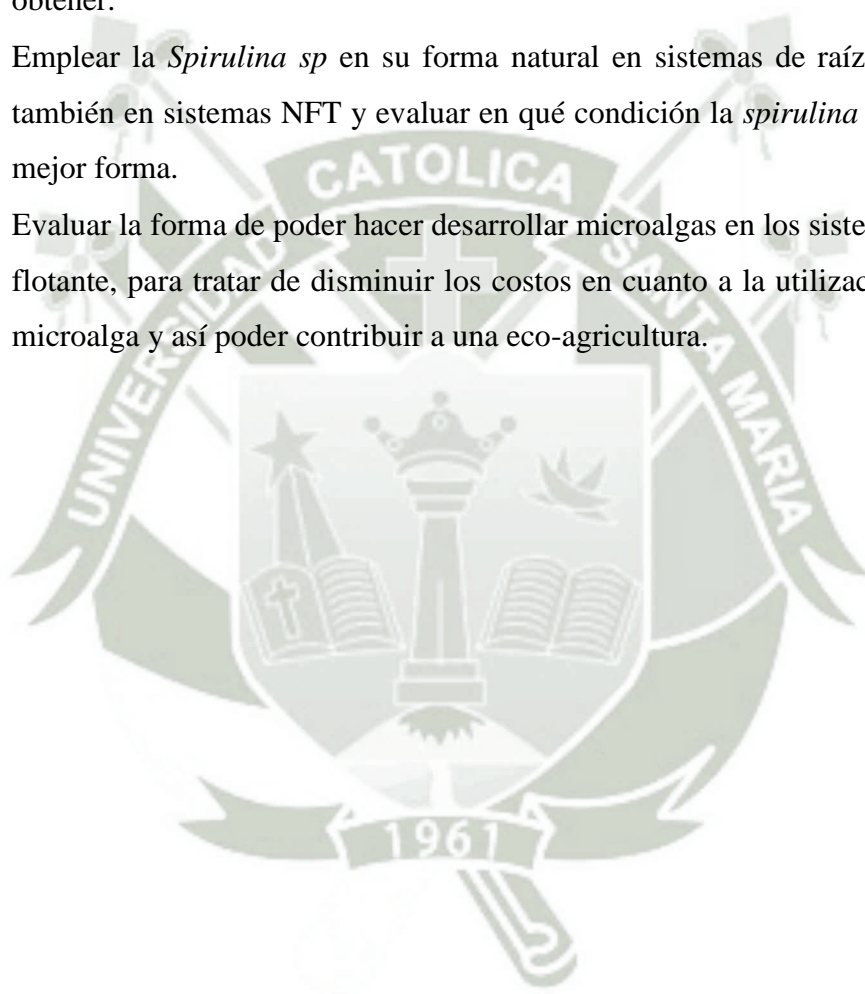


## CONCLUSIONES

1. En base a las características morfológicas y de biomasa, se observó que el tratamiento con Solución A + preparado de microalgas (*Spirulina sp*), demostró un desarrollo foliar mucho mejor y más elevado que en el tratamiento estándar; el color en este tratamiento es superior al del estándar; la biomasa obtenida en este tratamiento fue mejor que en el estándar, se obtuvo mejor biomasa (peso) de las lechuga.
2. El tratamiento Solución B + preparado de microalgas (*Spirulina sp*), demostró que la lechuga no llega a completar su desarrollo foliar y de biomasa como para poder ser expandida al mercado, bajo las condiciones que la lechuga estándar muestra. Lo que nos hace determinar que no podemos dejar de prescindir de la solución hidropónica A desde su etapa de segundo trasplante hasta la conclusión de su desarrollo y disposición de cosecha.
3. En lo que se refiere al tiempo de producción de las lechugas hidropónicas nos ajustamos a los parámetros de la empresa y en promedio de una semana más para el tratamiento de solución A + preparado de microalgas (*Spirulina sp*) obtuvimos mejores condiciones de las lechugas para su comercialización con respecto a las producidas en el tratamiento estándar, consideramos que las estas lechugas presentan mejores condiciones que las del tratamiento estándar para poder ser expuestas al mercado basándonos en los parámetros obtenidos por la empresa La Chiguteña.
4. En lo que se refiere al tiempo de producción de las lechugas hidropónicas con respecto a los parámetros obtenidos por la empresa La Chiguateña para la comercialización de lechugas hidropónicas determinamos que el tratamiento con solución B + preparado de microalgas (*Spirulina sp*) no se ajusta a las condiciones para que las lechugas puedan ser comercializadas por presentar condiciones muy diferentes a las del promedio (con el tratamiento estándar), con las que pueden salir a la venta.
5. Evaluando los costos asumidos según los volúmenes utilizados en todos los tratamientos, se determina que el uso de agroquímicos tiene un menor costo en comparación con la utilización del preparado de microalgas (*sprirulina sp*).

## SUGERENCIAS

- Es recomendable adicionar al tratamiento de solución A + preparado de microalgas (*Spirulina sp*) en la última semana antes de la cosecha de las lechugas solución hidropónica B para conseguir el color adecuado de las mismas, y así lograr su comercialización.
- Sería importante poder evaluar otro tipo de cultivos en este mismo sistema empleando *Spirulina sp*, para poder saber el nivel de producción que se pueda obtener.
- Emplear la *Spirulina sp* en su forma natural en sistemas de raíz flotante, y también en sistemas NFT y evaluar en qué condición la *spirulina sp* actúa de mejor forma.
- Evaluar la forma de poder hacer desarrollar microalgas en los sistemas de raíz flotante, para tratar de disminuir los costos en cuanto a la utilización de esta microalga y así poder contribuir a una eco-agricultura.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Tarrillo, H 2009 Curso Práctico de Hidroponía.
2. Howard, M. 2001. Cultivos Hidropónicos. Compendio de libros, revistas científicas y boletines basados en los tipos de medios de cultivos hidropónicos, nutrición de las plantas y solución de los nutrientes. Editorial Mundi-Pensa. España.
3. Rodríguez, A. 2002. “Manual Práctico de Hidroponía”. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.
4. Uso tradicional y actual de spirulina sp. (arthrospira sp.) 2006.
5. Rodrigo C Wolff 2005. Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero. Chile.
6. Mundo C, 2013 Producción de Tomates y Lechugas Hidropónicas, México.
7. Castañeda, F. 1997. Manual de Cultivos Hidropónicos Populares: Producción de Verduras sin usar la tierra Guatemala.
8. Licea Z. 2014 Efecto de la solución nutritiva en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos sistemas hidropónicos: camas flotantes y aeroponía. México.
9. Tapia, M. 1993. Cultivos Hidropónicos Chile.
10. Keinth R. 2003 How-To Hydroponic the Future Garden USA
11. Chàvez L, 2013 Diseño e Implementación de un Sistema NFT doble nivel para la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca Sativa* var. Campania) con tecnología eM<sup>TM</sup> en el distrito de Chiguata.
12. Carrasco E, 2013 Técnicas de la Solución nutritiva Recirculante (NFT) Chile.
13. TURNER, W y HENRY, V. 1946. Horticultura y Floricultura sin Tierra México.
14. Sánchez del C y Escalante R. 1988. Hidroponía un sistema de producción de plantas, principios y métodos de cultivo México.
15. Zarate N. Ortiz H., Carrillo R. y Montes G. 2007. Recirculación de la solución nutritiva; alternativa para ahorro de agua y nutrientes en tomate México.
16. Smithers O. 2015 Manual de Hidroponía. México.
17. Universidad del Pacífico 2001. “Lechugas Hidroónicas”, Seminario de Agronegocios lechugas Hidropónicas.

18. Electroconductividad-Análisis de caso en el proceso de producción de lechugas hidropónicas (todohidropónico.com) 2010. Blog sobre ciencia y el arte de cultivar sin tierra.
19. Martínez y Salomón 1995 Algas fijadoras de NITRÓGENO.
20. Amado G, 2012 Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura México.
21. M. Alvarez Cobelas y T. Gallardo, 1989 Una Revisión sobre la Biotecnología de las Algas Departamento de Biología Vegetal 1. Facultad de Biología, Universidad Complutense, Madrid.
22. Chapman y Chapman, 1980 Spirulina como biofertilizante.
23. Brain et al. 1981 Small Green.
24. Gardissal 1856. Organic Fertilizer from Seaweed and its Effect on the Growth Some Vegetable
25. I.J. Crouch 1992 Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. South Africa.
26. Fox y Cameron (1961) y López et al. (1995) Aplicación de extractos de algas marinas en suelos
27. Fox y Cameron (1961) y López et al. (1995) Aplicación de extractos de algas marinas en suelos
28. Tinajero, R. 1993 Aplicación de Algas Marinas y Estiércol Bovino en suelo arcilloso, en Cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum*).
29. Shang Háo LI 1988 Cultivation and application of microalgac in People's Republic of China.
30. Tomaselli L., Giovanetti L., Pushparaj B. and Torzillo G. 1987. Biotechnologies for the production of spirulina (in Italian).
31. Fox, B.A. y A.G. Cameron. 1995. Food science, nutrition and health. Sixth Edition. Ed. Edward Arnold, a division of Hodder Headline PLC, London NW1 3BH.
32. Jourdan , P. Dec. 13, 2001 Grow your own spirulina.
33. Runspirit. Re Microalga Spirulina.
34. Vonshak, A. & A. Richmond, 1988. Mass production of the blue-green alga Spirulina: an overview. Biomass 15: 233-249.
35. Earthrise farm. El cultivo de Spirulina. Biotecnología de Microorganismos

## ANEXOS





**INFORME DE ENSAYO**  
**Nº DE INFORME: ANA24E16.002201**

Nombre del Cliente	: MEDALITH MELGAR MENDOZA
Dirección del Cliente	: CALLE COLON 204-C JLB Y R
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreo	: POR EL CLIENTE
Descripción	: Agua de Riego Fundo Agua Salada Dist. Chiguata
Tamaño de muestra	: 3000 mL
Fecha de Recepción	: 24/03/2016
Fecha de Inicio del Ensayo	: 24/04/2016
Fecha de Emisión de Informe	: 30/05/2016
Página	: 1 de 1

**I. ANALISIS FISICO - QUIMICO:**

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACION DE DUREZA TOTAL (mg/L) NTP 214.018.1999, Método volumétrico con EDTA	428,79
DETERMINACION DE pH ( Unidades de pH) Método Instrumental Directo, Potenciometro Metrohm 827 pH Lab	5,81
DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD (mS cm-1) Método Instrumental Directo, Conductimetro ORION 162	0,953

**OBSERVACIONES:**

- Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

  
 Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez  
 CQFDA 00624  
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

