

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

En los últimos diez años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado notablemente. En 1996 el área mundial era de 12,000 hectáreas (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivo Sin Suelo) y, según las últimas proyecciones, habrían más de 35,000 hectáreas, de las cuales alrededor del 80% (24,000 hectáreas) son cultivadas sólo por 10 países (Holanda, España, Canadá, Francia, Japón, Israel, Bélgica, Alemania, Australia y Estados Unidos). Los únicos países latinoamericanos considerados como países hidropónicos son México y Brasil. Los sistemas mayormente utilizados son el sistema de riego por goteo con lana de roca. Los cultivos hidropónicos más rentables son tomate, pepino, pimiento, lechuga y flores cortadas.

Actualmente, la hidroponía está ingresando al mercado de comercialización nacional, en una variedad de productos entre ellos el pionero es la lechuga con fines comerciales se encuentran en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz.

La hidroponía es una interesante alternativa de cultivo que brinda nuevas posibilidades, beneficios y ventajas frente a los cultivos tradicionales, que contribuye notablemente al desarrollo de la planta otorgándole solo lo necesario, lo cual reduce costos ahorrando operaciones y espacio, brindando una mejor calidad de productos y libres de pesticidas dañinos para la salud, ya que los cultivos hidropónicos pueden mantenerse alejados de diversas plagas, para la construcción de un sistema hidropónico se requiere de una inversión económica alta, pero la inversión se recupera con el tiempo, de esto también depende el tipo de cultivo que ese vaya a utilizar. Por ello en esta investigación se construirá un sistema hidropónico de raíz flotante con un bajo costo de inversión inicial para su realización y obtener los mismos o mejores resultados que los sistemas con una alta inversión.

El cultivo de la lechuga (*Lactuca Sativa L.*) es una de las hortalizas más importantes en la dieta del ser humano se lo consume como alimento fresco y sus usos medicinales. Su importancia y elevado consumo se debe a que es un alimento saludable, pobre en calorías y sodio que la hacen adecuada para las dietas de adelgazamiento y la hipertensión su consumo es mayormente en ensaladas

El oxígeno es muy importante en los sistemas hidropónicos debido a que sin este las plantas tienen problemas en su crecimiento y desarrollo para ello se le aplicara diferentes niveles y formas de oxigenación para poder encontrar el nivel óptimo de oxígeno en la solución para el cultivo de la lechuga en dos variedades de lechuga Gran Rapids Tbr y Criolla Morada donde se midió el prendimiento y rendimiento en sistema hidropónico.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La hidroponía es una interesante alternativa de cultivo que brinda nuevas posibilidades, beneficios y ventajas frente a los cultivos tradicionales, que contribuye notablemente al desarrollo de la planta otorgándole solo lo necesario, lo cual reduce costos ahorrando operaciones y espacio, brindando una mejor calidad de productos y libres de pesticidas dañinos para la salud, ya que los cultivos hidropónicos pueden mantenerse alejados de diversas plagas, para la construcción de un sistema hidropónico se requiere de una inversión económica alta, pero la inversión se recupera con el tiempo, de esto también depende el tipo de cultivo que ese vaya a utilizar. (Rony J. 2015)

De todos los sistemas de cultivo hidropónico que existen para el cultivo de la lechuga, ninguno es simple y económico como el sistema de raíz flotante. En un sistema de este tipo, la planta se encuentra flotando sobre una solución nutritiva y se alimenta continuamente de la misma. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de raíz flotante requiere de la recirculación y oxigenación de la solución nutritiva. (Cesar M. 2003)

Por ello se estudió dos variedades de lechuga en diferente dosificación para conocer su comportamiento y adaptación a este sistema.

El presente estudio está basado en un sistema hidropónico de raíz flotante, investigación que por su bajo costo justifica su realización.

### **1.3. HIPÓTESIS**

Hay diferencia significativa en el rendimiento de las dos variedades de lechuga en diferentes niveles y tipos de oxigenación.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar un sistema hidropónico con un bajo costo económico, y evaluar el rendimiento de la variedad lechuga Grand Rapids Tbr y lechuga Morada Criolla, en diferentes niveles y tipo de oxigenación.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el nivel óptimo de oxigenación, para el cultivo de la lechuga en el sistema hidropónico de raíz flotante.
- Evaluar el porcentaje de prendimiento y de las dos variedades de lechuga, al sistema hidropónico de raíz flotante.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. EL CULTIVO DE LA LECHUGA**

##### **2.1.1. Origen**

La lechuga es una hortaliza que se conoce desde hace mucho tiempo. Es originaria del continente asiático. Fue traída a América con la conquista española, en la actualidad se encuentra con un gran número de cultivos de diferentes cultivares adaptadas a diferentes climas. (Arteaga, De La Peña, 2010).

##### **2.1.2. Características de la lechuga**

Este cultivo es típico de climas templados, se desarrolla también en climas cálidos por lo que puede cultivarse en altitudes que van de 300 a 670 msnm, pero su desarrollo óptimo es entre los 1350 a 2100 msnm. Es susceptible a heladas. Las temperaturas mayores a 24 °C, aceleran el desarrollo del tallo floral y deterioran la calidad, pues con el calor se acumula en la planta un látex, que hace amargo el sabor de su hojas, requiere buena humedad en el suelo, pero no le favorece el exceso de lluvia o riego (Bautista, 2000).

##### **2.1.3. Descripción botánica**

La lechuga es una planta anual y bianual, cuando se encuentra en su estado juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex. 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, llega a tener hasta 80 cm de altura. La duración del cultivo suele ser de 50-60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las tardías, como término medio desde la plantación hasta la recolección. Los métodos que se emplean en el mejoramiento de la lechuga son los métodos convencionales usado para las especies autógamias. (Alvarado et al. 2001)

## **2.1.4 Características de las variedades de experimentación**

### **2.1.4.1. Grand Rapids Tbr**

Es una variedad de lechuga de hoja suelta con características muy arrugadas y presenta la forma más o menos de una rosa. Es una variedad muy precoz y se adapta a climas templados y cálidos, aunque su desarrollo y crecimiento varía según su cuidado y las condiciones climáticas prevalecientes. Presenta una coloración verde pálido pero su forma es muy agradable. La base del tallo es más o menos delgada y la formación de las hojas es de una forma aspiralada. Se puede cultivar muy bien en suelos limosos aunque se ha demostrado que también en suelos arenosos que presenten una pequeña fracción de materia orgánica. De todas las variedades de hoja suelta es la que presenta mayor aceptabilidad para decoraciones de alimentos es restaurantes, aunque se puede consumir preparándola en forma de ensalada, presentando una alternativa más para su utilización ya que su sabor es bastante aceptable. (Burruezo, 2009)

### **2.1.4.2. Morada Criolla**

Tiene escasa cantidad de calorías y un alto contenido en fibra. Los bordes rojos de este tipo de lechuga se deben a un pigmento llamado antocianidina, que es un antioxidante que ayuda a mantener flexibles las paredes de las arterias y venas, colabora de este modo, con la prevención de enfermedades cardiovasculares. (Burruezo, 2009)

## **2.1.5. Morfología de la lechuga**

La lechuga está madura cuando emite el tallo floral, que se ramifica. Las flores de esta planta son autógamias. Las semillas en algunas variedades tienen un periodo de latencia después de su recolección, que es inducido por temperaturas altas. Muchas variedades germinan mal en los primeros dos meses después de su recolección afirma que las principales características morfológicas de la lechuga son:

**Raíz:** Es pivotante, corta y con ramificaciones, no llega sobre pasar los 30 cm de profundidad del suelo.

Hoja: Están colocadas en forma de rosetas, desplegadas al principio, en algunos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos pueden ser lisos, ondulado y aserrado.

Tallo: El tallo se forma una vez pasada la madurez comercial, puede llegar a medir de 1 a 1,20 m de altura en algunas variedades, es cilíndrico ramificado.

Inflorescencia: Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos y son autógamas.

Semillas: Son pequeños de color marrón oscuro casi negro, marrón más claro, gris amarillento o blanco grisáceo y mide unos 2 mm de longitud. Presenta un periodo de latencia que puede durar hasta dos meses tras la recolección, aunque puede ser roto por diversos factores. La temperatura óptima de germinación es de 15-20 °C y a partir de 25 °C (Cronquist, 1989)

#### **2.1.6. Usos**

Es una planta comestible y medicinal rica en fibras y en betacarotenos, contiene lactucina con propiedades sedativas. Es muy pobre en calorías y sodio que la hacen adecuada para dietas de adelgazamiento y la hipertensión. Es un alimento muy saludable, fuente de vitaminas, e ideal para su inclusión en las dietas hipocalóricas. Las hojas de la lechuga tienen propiedades sedantes, debido a esto resultan indicadas para reducir el nerviosismo o el exceso de ansiedad. (Barba, 2012)

### 2.1.7. Datos Generales de la Lechuga

**Cuadro N° 1. Taxonomía**

<b>Reino</b>	<b>Vegetal</b>
<b>Phylum</b>	Teleomorphytae
<b>División</b>	Tracheophytae
<b>Subdivisión</b>	Anthophyta
<b>Clase</b>	Angiospermae
<b>Subclase</b>	Dicotyledoneae
<b>Grado Evolutivo</b>	Metachlamideae
<b>Grupo de Ordenes</b>	Tetrachlamideae
<b>Orden</b>	Campanulales
<b>Familia</b>	Compositae
<b>Nombre científico</b>	Lactuca sativa L.
<b>Nombre común</b>	Lechuga

Fuente: Acosta, 2016 Citado, Andrea Cruz 2016

### **2.1.8. Preparación de almácigos**

Los almácigos son el primer paso a la hora de cultivar, una herramienta excelente que nos permiten sembrar hortalizas y favorecer la germinación de las semillas en un entorno protegido de condiciones adversas como por ejemplo: heladas, vientos fuertes, granizo, lluvias, etc. Es importante que mires el calendario de siembra y el calendario lunar para saber en qué momento es más conveniente cultivar hortalizas. De esta forma, con los semilleros o almácigos podemos cultivar hortalizas de forma más segura y esquivar posibles dificultades que pueden presentarse en el caso de la siembra directa en el suelo.

A la hora de conseguir un almácigo, tenemos varias opciones, puedes utilizar un recipiente de unos 15 a 20 cm de profundidad que puedes dividir en cuadros de unos 4 cm cada uno y ponerle una tapa para que evite el acceso de la luz y las semillas estén protegidas del viento, los pájaros e insectos. Si en casa no tienes nada que puedas reutilizar para hacer los almácigos, siempre puedes encontrar en centros de jardinería, viveros, etc. bandejas ya preparadas de materiales orgánicos y que se pueden usar en sucesivas ocasiones. (ECOagricultor 2016)

### **2.1.9. Consejos a la hora de preparar almácigos**

- Utiliza materiales orgánicos y evita, en lo posible, usar materiales que se puedan oxidar, de plástico blando, con barnices, tintas o pinturas.
- Asegúrate de que el recipiente o recipientes que vas a usar tengan agujeros en la base, así se podrá drenar el exceso de agua y no se estropean ni las semillas ni las plántulas después. Además, así reducimos las probabilidades de que aparezcan hongos en los semilleros.
- Una buena opción para el sustrato de los almácigos es utilizar una parte de arena, otra de compost o de humus de lombriz y otra de tierra negra.
- Después colocamos una segunda capa encima de unos 10 cm de grosor con el sustrato que hemos tamizado previamente.



- Con un palo, boli o cualquier otro utensilio similar que tengas a mano ve haciendo hoyos en la superficie. Estos surcos no necesitan ser muy profundos, con 1 cm de profundidad es suficiente.
- Después vamos colocando las semillas en los hoyos. Idealmente, la semilla debe estar enterrada a una profundidad igual (o como mucho) al doble de profundidad que su grosor. Esto favorece la germinación.
- Evita sembrar las semillas muy juntas unas de otras. Deja una distancia de unos 6 a 9 cm entre semilla y semilla.
- Cubre las semillas con un poco de sustrato y evita prensar en exceso la tierra, con dar unos ligeros toques es suficiente.
- Riega con mucho cuidado de no mover las semillas. No te excedas con el agua, es sólo para humedecer la parte de arriba de los almácigos.
- En sucesivos riegos, lo que haremos será dejar los almácigos sobre una bandeja y en ésta pondremos el agua de riego. Así podemos mantener los semilleros con un grado óptimo de humedad para favorecer la germinación de las semillas y posteriormente, una vez que ya han germinado, la plántula irá absorbiendo la cantidad de agua que va necesitando, sin excesos y evitando en gran medida la aparición de hongos.
- Ubica los almácigos en un lugar oscuro, resguardado de vientos fuertes.
- Cuando veas que van saliendo las primeras plántulas, podemos ponerlas al sol durante 3 ó 4 horas al día y después de unos 10 días podemos pasarlas a un lugar donde reciban la luz durante todo el día. (ECOagricultor 2016)

## **2.2. HIDROPONÍA**

### **2.2.1. Concepto de hidroponía**

Etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros). El cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de “cultivos sin suelo”, y supone el conjunto de cultivo en sustrato (orgánico o inorgánico), más el cultivo en agua. (Alarcón, A., 2006).

### **2.2.2. Origen de la Hidroponía**

La hidroponía nació en los laboratorios de investigación de la universidad Alemana a finales del siglo XX durante la segunda guerra mundial (1936 / 1945) con el objetivo de satisfacer las necesidades alimentarias con vegetales frescos a los soldados. Al firmarse la paz, los cultivos hidropónicos florecieron en grandes ciudades Europeas, estadounidenses y japonesas especialmente para ofrecer frutas y vegetales fuera de la temporada. (Correa, 2007).

La hidroponía llegó también a América latina durante la década de los 70-80 empezó a popularizarse entre los más pobres de entre los pobres, llegando a los cerros y barrios miserables que rodean las grandes. (Marulanda, 1995).

### **2.2.3. Tipos de sistemas hidropónicos**

#### **2.2.3.1 Recirculante o NFT**

El término NFT son las iniciales de Nutrient Film Technique (la técnica de la película nutriente). También se le conoce como sistema de recirculación continua. El principio del sistema consiste en recircular continuamente la solución por una serie de canales de PVC de forma rectangular y de color blanco, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas sostenidas por pequeños vasos plásticos.

Los canales están apoyados sobre mesas o caballetes, y tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución, luego la solución es recolectada y almacenada en un tanque. Una electrobomba funciona continuamente durante las 24 horas del día.

Por los canales circula una película o lámina de apenas 3 a 5 milímetros de solución nutritiva. La recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces suministrando adecuadamente los nutrientes minerales para las plantas, es un sistema usado para cultivos de rápido crecimiento como la lechuga. (Rodríguez, 2013).

#### **2.2.3.2. Sistema raíz flotante**

Es un sistema hidropónico por excelencia porque las raíces de las plantas sumergidas parcialmente en solución nutritiva. Se emplean planchas de plastofomo expandido, las cuales flotan sobre la solución nutritiva que debe ser aireada con cierta frecuencia. La plancha actúa como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas. Este sistema ha sido adaptado para ser utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, generalmente para cultivar hortalizas de hojas, como diversas variedades de lechugas. (FOCIR, 2005).

#### **2.2.4. Importancia del cultivo hidropónico**

Actualmente la hidroponía produce alimentos por parte de las poblaciones que habitan en regiones sin tierra fértiles para cultivar, utiliza métodos que tiene dos rasgos comunes, el líquido los nutrientes minerales esenciales que se aportan en soluciones y el sólido para el cual se emplean materiales inertes para sostener a las plantas como ser materiales porosos, como turba, arena, grava o fibra de vidrio, cascarilla de arroz las cuales actúan como mecha y transportan la solución de nutrientes desde su lugar de almacenamiento hasta las raíces, logrando mayor densidad y elevada producción por planta, logrando así mayores cosechas por año. (Myrna, 2013)

### 2.2.5. Ventajas de la hidroponía

- La Hidroponía presenta un sinnúmero de ventajas, las mismas que describimos a continuación:
- Se requiere mucha menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento del suelo.
- Gran ahorro en el consumo de agua.
- Balance ideal de aire, agua y nutrientes.
- Permite una mayor densidad de población.
- Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento.
- Perfecto control del pH.
- No depende tanto de los fenómenos meteorológicos.
- Más altos rendimientos por unidad de superficie.
- Mayor calidad y homogeneidad del producto.
- Mayor precocidad en los cultivos.
- Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta.
- Posibilidad de varias cosechas al año.
- Mayor limpieza e higiene.
- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión.
- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes.
- Reducción de los costos de producción.
- La recuperación de lo invertido es rápida.

(Cesar, 2003)

## **2.3. OXIGENACIÓN**

### **2.3.1. El oxígeno; requerimiento esencial**

El requerimiento de oxígeno por la planta se conoce desde 1968 y algunos estudios fueron escritos en la década de los 20. Sin embargo, no fue hasta el desarrollo de los sistemas hidropónicos comerciales, en particular el sistema de recirculación nutritiva NFT (Nutrient film technique) que se hicieron observaciones detalladas sobre el efecto del oxígeno disuelto en la solución, el cual se provee a las plantas con los nutrientes y el agua. (Clements, 1921).

La falta de oxígeno reduce la absorción de agua y minerales por parte de la planta, con repercusiones en el crecimiento aéreo y radicular, en consecuencia el rendimiento final (Tesis et al., 2003).

Raíces saludables, con buen suministro de oxígeno, son capaces de absorber más selectivamente los iones de la solución. La energía metabólica que es requerida para este proceso es obtenida de la respiración radicular, la cual es inhibida por la falta de oxígeno (Jackson, 1980).

### **2.3.2. Consecuencias de la falta de oxígeno**

La falta de oxígeno reduce la permeabilidad de las raíces al agua y habrá una acumulación de toxinas; así el agua y los minerales no pueden ser absorbidos en cantidades suficientes para el crecimiento bajo condiciones de estrés. Este marchitamiento está acompañado por una disminución en la fotosíntesis y transferencia de carbohidratos; por lo tanto el crecimiento de la planta es reducido y el rendimiento se verá afectado. Si la falta de oxígeno continua, las deficiencias comenzarán a manifestarse, las raíces morirán y la planta no desarrollará. En condiciones anaeróbicas, se produce una hormona de estrés: el etileno, el cual se acumula en la raíces y sus células colapsan. Una vez que ha comenzado el deterioro de la raíz, provocado por la anaerobiosis, los patógenos oportunistas como el *Pythium* pueden entrar rápidamente a la planta y destruirla. También se ha encontrado que un agua muy oxigenada puede regular la disponibilidad de algunos nutrientes como el nitrógeno debido a que la

cantidad de microbios nitrificantes aumenta con la concentración de oxígeno, por el contrario la falta de oxígeno favorece a la degradación de las raíces, la muerte de microorganismos benéficos y hace más susceptibles al ataques de patógenos, incluso puede provocarles la muerte (Lynette, 2001).

El oxígeno disuelto se ve afectado por tres factores físicos: temperatura, salinidad y altitud, de los cuales los primeros dos se pueden manipularse hasta cierto punto dentro de un sistema hidropónico. Al controlar la temperatura ambiente podemos controlar la temperatura del agua, mientras más elevada es la temperatura menos oxígeno puede disolverse en ella, por eso se recomienda usar bombas de aireación. (Hopper, 2012)

### **2.3.3. Tipos de oxigenación**

#### **2.3.1.1. Oxigenación Manual**

Consiste en levantar el semillero cuando las raíces de nuestras plantas midan lo suficiente para estar en contacto con el agua del contenedor, e introducir la mano o una varilla y agitar el agua para saber si estas oxigenando de manera adecuada se deben observar burbujas el tiempo debe durar unos segundos, cuidando de no dañar las raíces de las plantas. (Innovación Agrícola, 2015)

#### **2.3.1.2. Oxigenación Automatizada**

Consiste en oxigenar la solución del sistema hidropónico mediante un motor eléctrico para ello se debe seguir los siguientes pasos:

1-Conseguir un motor eléctrico de oxigenación y una manguera tipo espagueti delgada.

2-Perforar la manguera con una aguja para crear orificios pequeños de donde se liberara aire, los orificios no deben ser grandes porque las burbujas grandes, pueden dañar las raíces de nuestras plantas.

3-Ubicar la manguera en el medio de la bandeja y sujetar la manguera al centro del contenedor, procurando que el hoyo que hicimos quede en medio y volteando hacia arriba para que no se vaya a tapar.

(Innovación Agrícola, 2015)

## **2.4. SOLUCIÓN**

### **2.4.1. Solución Nutritiva**

La nutrición de la planta en Hidroponía se brinda a través de una solución nutritiva que es un conjunto de sales minerales disueltas en agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta. La preparación de la solución nutritiva se realizara en base a los diferentes fertilizantes existentes en el mercado, no existe una solución nutritiva óptima para todos los cultivos, porque no todos tienen las mismas exigencias nutricionales, principalmente en nitrógeno, fósforo y potasio. La mayor parte de las plantas trabajan mejor en cultivos hidropónicos donde la solución nutritiva tiene un pH comprendido entre 5,5 y 6,5 puesto que dicho rango de pH se encuentran mejor disueltos los iones, especialmente el fósforo y los microelementos. (Siñaniz, 2017).

### **2.4.2. Nutrientes que contiene una solución nutritiva**

Son 16 los elementos esenciales, de los cuales 14 son minerales. El carbono (C) es obtenido del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); el hidrógeno (H) y el oxígeno (O<sub>2</sub>) son obtenidos del agua y oxígeno; a partir de estas fuentes, las plantas elaboran un gran número de moléculas orgánicas. Los macronutrientes minerales son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre. Los micronutrientes son: cloro (Cl), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). (UNALM, 2010).

### 2.4.3. Nutrición Mineral

Las plantas son como los animales y los seres humanos requieren alimento para su desarrollo y crecimiento, estos alimentos están compuestos de ciertos elementos químicos a menudo requeridos como elementos alimenticios de la planta. (Resh, 1987)

### 2.4.4. Deficiencia nutricional

La deficiencia o toxicidad produce síntomas que se pueden observar en los diferentes órganos de la planta (hojas, tallos, raíces, frutos, etc.), los síntomas son específicos para cada elemento, aunque algunas veces es difícil distinguir las deficiencias además de todas las plantas no muestran el mismo síntoma. (Huterwal, 1991)

ELEMENTO	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
<b>Boro</b>	Los síntomas varían según la especie a menudo suelen morir los tallos y los meristemas apicales de la raíz, los vértices de las raíces a menudo se ven descoloridos y se hinchan, las hojas muestran síntomas variados, incluyendo el engrosamiento, brillantez, rizado, marchites y moteado clorótico.	Amarillamiento del vértice de las hojas es seguido por una necrosis progresiva de estas desde la zona basal hasta los márgenes y vértices.
<b>Hierro</b>	Aparece una clorosis muy pronunciada entre las nervaduras, parecida a la causada por la deficiencia de magnesio, con la deficiencia de estar situada en las hojas más jóvenes.	En las condiciones naturales no se evidencia a menudo, después de las pulverizaciones aparecen algunas veces puntos necróticos.
<b>Cobre</b>	Esta deficiencia es rara forma natural las hojas más jóvenes se vuelven comúnmente de color verde oscuro y se enrollan, frecuentemente aparece un moteado necrótico.	Desarrollo reducido seguido por síntomas de clorosis férrica, acaparamiento se reduce la formación de las ramas, engrosamiento anormal de la zona de las raíces.
<b>Zinc</b>	Reducción de la longitud de los entrenudos y del tamaño de las hojas, los bordes de las hojas se distorsionan, algunas veces aparece una clorosis entre nervaduras.	Se observa raramente el exceso de zinc produce clorosis férrica en las plantas.



<b>Magnesio</b>	Aparece una clorosis entre nervaduras de las hojas, desarrollándose en el primer lugar en las más viejas, la clorosis pueden empezar en los márgenes de las hojas o en los vértices y progresar hacia la parte interna.	Existe poca información sobre los síntomas visuales.
<b>Nitrógeno</b>	Se reduce el crecimiento y las plantas generalmente se vuelven amarillas (cloróticas) a causa de la pérdida de clorofila, especialmente las hojas más viejas, las más jóvenes permanecen verdes más tiempo, el tallo los peciolos y las superficies de las hojas del maíz y del tomate pueden volverse purpura.	Las plantas toman color verde oscuro, con follaje abundante pero a menudo con un sistema muy reducido de raíces. Las papas solo forman pequeños tubérculos y retardan en la producción de flores y semillas.
<b>Fosforo</b>	Las plantas suelen detenerse su desarrollo y a menudo toman un color verde oscuro. Existe una acumulación de pigmentos de antocianina, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas maduras, a menudo se retrasa el desarrollo de la planta.	Al principio no se muestra sintomatología, algunas veces las deficiencias de cobre o zinc ocurren ante el exceso de fosforo.
<b>Potasio</b>	Los síntomas son primero visibles en las hojas más viejas, en las dicotiledóneas, estas hojas se vuelven inicialmente cloróticas esparcidas por toda su superficie, en muchas monocotiledóneas, los vértices y márgenes de hojas se secan rápidamente, la deficiencia de potasio desarrollo tallos débiles en el maíz.	Normalmente no existe demasiada absorción de este elemento por las plantas, el exceso de potasio puede causar deficiencia de magnesio y posiblemente deficiencias de manganeso, zinc o hierro.
<b>Calcio</b>	El desarrollo de los tallos suele inhibirse y los extremos de las raíces pueden morir en las hojas jóvenes se ven afectadas antes que las viejas, volviéndose irregular y pequeñas, con márgenes del mismo tipo y moteado de las zonas neuróticas.	No existen síntomas visibles normalmente suele estar asociado con un exceso de carbonatos.

(Rodríguez, 2002)

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Tarija en la zona barrio San Pedro (vivienda particular, propietario David Tejerina Farfán) el cual se encuentra geográficamente ubicado en la ciudad de Tarija, Provincia Cercado a 21° 33' de latitud Sur y 64° 48' de longitud Oeste, a una altura de 1859 m.s.n.m.

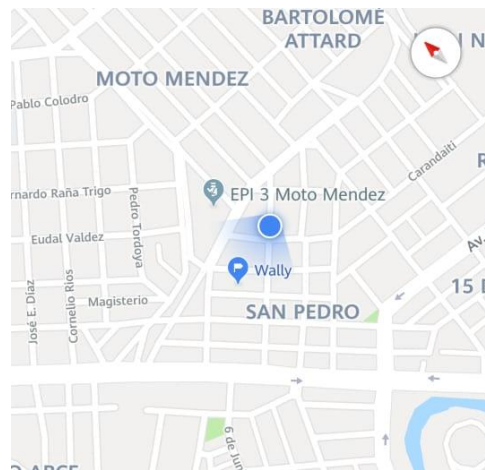


Figura N° 1. Ubicación geográfica

### 3.2. MATERIALES

#### 3.2.1 Material Biológico

El material que se utilizó fueron las semillas de lechuga de las variedades Grand Rapids Tb y Morada Criolla

#### 3.2.2. Materiales empleados en el almacigo

Cajas contenedoras

Humus de Lombriz

Tierra Vegetal

Semillas de lechuga Grand Rapist Tb y lechuga Criolla morada

### **3.2.3 Materiales para el sistema hidropónico de raíz flotante**

Para la construcción de este sistema para cultivo hidropónico cuyo costo total es muy bajo, se necesitaron los siguientes materiales:

1 motor de oxigenación automatizada

2 metros de manguera tipo espagueti

Cinta aislante.

8 clavos de 2 pulgadas.

16 clavos de 1,5 pulgadas.

2 tablas de 100 x 10 x 2,5 cm.

2 tablas de 150 x 10 x 2,5 cm

8 tablas de 100 x 5 x 1,5 cm

Un plástico para invernadero de 1.50 x 2 m.

Tres láminas de plastofomo de 100 x 50 x 2 cm.

Cuchillo.

Una caja de chinches.

Una lámina de esponja de 3 cm de grosor.

24 canastillos.

Silicona en frío.

### **3.2.4. Material de campo**

Libreta de campo.

Cámara fotográfica.

Calculadora.

### **3.2.5. Equipos**

Computadora.

Balanza.

## **3.3. MÉTODO**

### **3.3.1. Diseño estadístico**

Para efectuar la presente investigación, se aplicó el diseño experimental completamente al azar, bifactorial con seis tratamientos y dos repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental está conformada por 12 plantas donde se evaluó la variable respuesta: porcentaje de prendimiento, tamaño de hoja, número de hojas por planta, tamaño de raíz y diámetro de tallo, este tipo de análisis nos permite conocer la influencia de cada factor independiente e interacción que se puede presentar entre los factores.

### **3.3.2. Área de estudio**

El área para cada unidad experimental del sistema hidropónico fue de 0,75 m<sup>2</sup>, con una producción de 12 plantas de lechuga, la separación de planta a planta fue de 12 cm dando un área de 0,0625 m<sup>2</sup> por planta y el Área Total del experimento es de 9 m<sup>2</sup> con una producción de 144 plantas.

### 3.3.3. Tratamientos

En la presente investigación se consideró dos factores, el A y el B; el factor A contiene tres niveles de oxigenación manual y oxigenación automática el Factor B se usaran dos variedades, lechuga grand rapids tbr y lechuga morada criolla, para lo cual sería un total de seis tratamientos.

Factor A: Tipos de oxigenación

A1: Oxigenación manual una vez al día

A2: Oxigenación manual dos vez al día

A3: Oxigenación Automatizada

Factor B: Variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

B1: Lechuga Morada Criolla

B2: Lechuga Grand Rapids Tbr

### 3.3.4. Variables de estudio

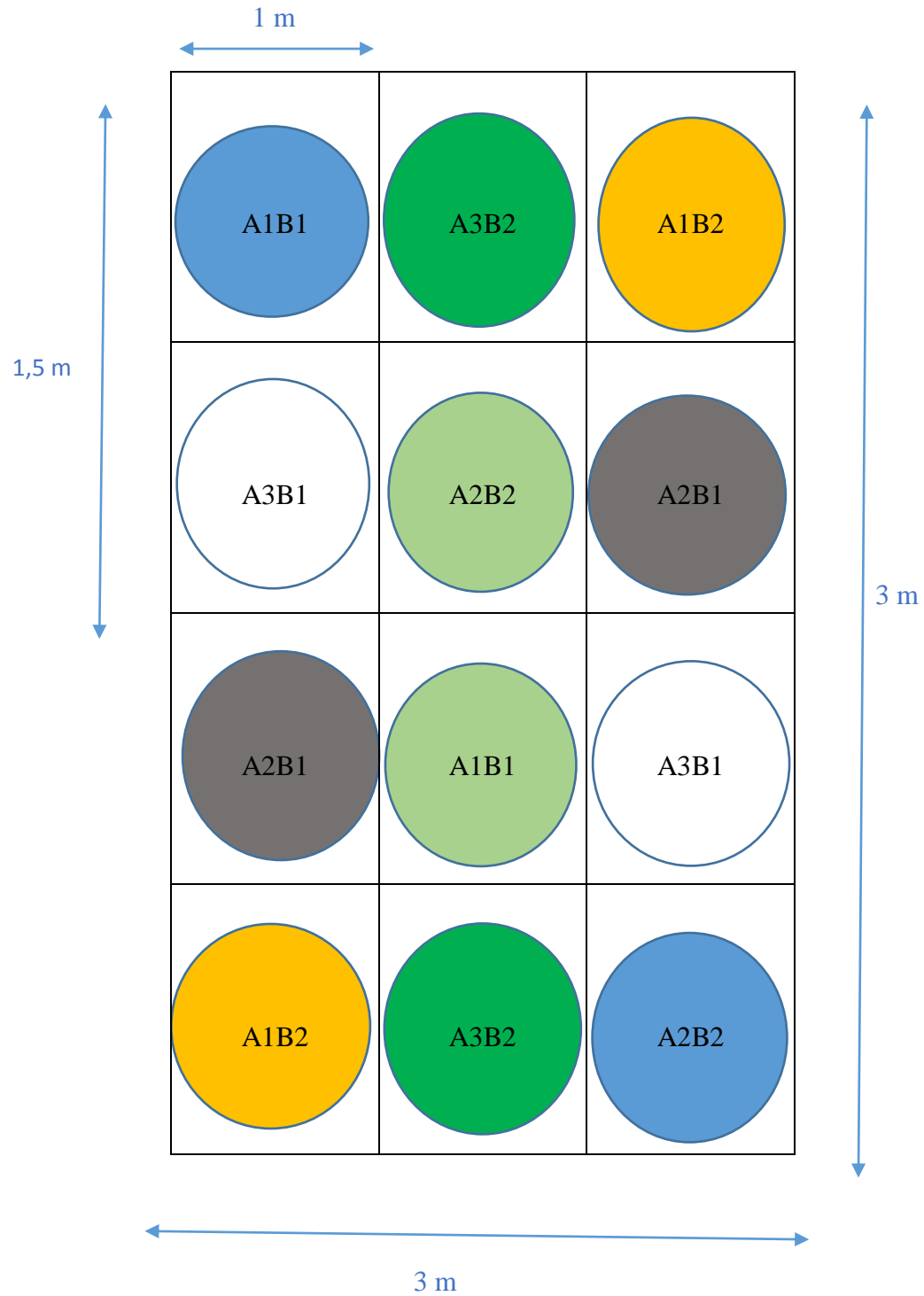
Durante la investigación se realizó una evaluación a los 30, 45 días de haber trasplantado al sistema hidropónico, considerando las repeticiones y tratamientos:

- Porcentaje de prendimiento
- Tamaño de hoja
- Cantidad de hojas por planta
- Tamaño de raíz
- Diámetro del tallo

### 3.3.5. Codificación y descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	A1B1	Oxigenación manual una vez al día Lechuga Morada Criolla
2	A1B2	Oxigenación manual una vez al día Lechuga Grand Rapids Tbr
3	A2B1	Oxigenación manual dos al día Lechuga Morada Criolla
4	A2B2	Oxigenación manual dos vez al día Lechuga Grand Rapids Tbr
5	A3B1	Oxigenación Automatizada Lechuga Morada Criolla
6	A3B2	Oxigenación Automatizada Lechuga Grand Rapids Tbr

### 3.3.6. Diseño del sistema de raíz flotante



### **3.4. PROCEDIMIENTO**

La investigación comenzó con la implementación de almácigos de las variedades de lechuga Grand Rapids Tb y lechuga Morada Criolla.

La construcción del sistema hidropónico se inició en el mes de agosto y posteriormente el trasplante de las lechugas con un tamaño adecuado, el cuidado del cultivo fue todos los días, así como la oxigenación manual y la automática se monitoreo diariamente.

La cosecha se realizó a los cuarenta y cinco días después del trasplante al sistema hidropónico, seguido del levantamiento total de los datos.

Primero se procedió a unir las tablas con clavos formando un marco de madera de 1,5 metros cuadrados, una vez unidas las tablas, se forro el interior con plástico para invernadero, colocando los chinchos que lo fijan en los bordes de las tablas es necesario hacer varios orificios con el cuchillo o con el pico caliente de un tubo de metal (24 orificios en total) dejando un espacio de por lo menos 12 cm entre uno y otro. Se tuvo en cuenta, tapar bien todos los bordes para evitar que más adelante entre la luz y afecte negativamente la solución nutritiva.

Los agujeros están diseñados para acomodar un promedio de 24 plantas de lechuga recién germinadas. No está de más recordar que la semilla de lechuga tiene un tiempo de germinación de 7 días desde su siembra en la almaciguera.

#### **3.4.1. Preparación del almacigo para el sistema hidropónico de raíz flotante**

El almacigo de las dos variedades de lechuga se realizó el 17 de agosto del 2018 al aire libre, en unas cajas de cartón forradas con un nylon con orificios en la parte inferior para drenar el exceso de agua, se agregó la mezcla de humus de lombriz con tierra vegetal esterilizado, se colocaron las semillas a chorro continuo, luego se las cubrió con una capa delgada de la misma mezcla, posteriormente se regó suavemente evitando que descubran las semillas, para mantener la humedad se regó día por medio hasta germinación de las mismas.





Figura N° 2. Cajas almacigueras

### 3.4.2. Armado del sistema hidropónico raíz flotante

#### 3.4.2.1. Unión de las maderas

Se procedió a clavar las maderas para formar la estructura base del sistema hidropónico.



Figura N°3. Unión de las maderas

### 3.4.2.2. Forrado de la caja

Para impermeabilizar la caja se usó plástico negro resistente para evitar que se rompa con el peso del agua o alguna astilla de la base.



Figura N° 4. Forrado de la caja con el plástico negro.

### 3.4.2.3. Perforación del plastofórmico

Se realizó los orificios al plastofórmico con la ayuda de un tubo caliente.

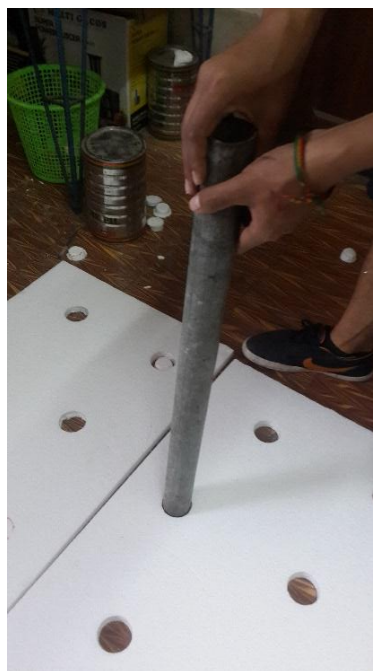


Figura N° 5. Perforación del plastofórmico

### 3.4.3. Preparación de solución concentrada A, B y C



Figura N° 6. Sales minerales para la solución nutritiva

Una vez que se tiene las sales adquiridas seguir el siguiente paso:

#### 3.4.3.1. Solución concentrada A (Preparación de solución concentrada A en 5 Litros)

Contiene:

- Nitro-S (A1)
- Nitrato de potasio (A1)
- Fosfato monoamónico (A1)

En un balde con un volumen de 4 litros de agua, se vació el contenido del sobre A1 (Nitro-S, nitrato de potasio y fosfato monoamónico) agitando cuidadosamente hasta que se disuelva completamente. Una vez que los tres fertilizantes, se encuentran disueltos, se agregó agua hasta completar un volumen final de cinco (5) litros.

### **3.4.3.2. Solución concentrada B (Preparación de solución concentrada B en 5 Litros)**

Contiene

- Sulfato de magnesio y sulfato de potasio (B1)
- Micronutrientes (B2)
- Quelato de hierro (B3)

En un recipiente, se colocó 3 litros de agua, donde se vació el contenido del sobre B1 (Sulfato de magnesio y sulfato de potasio) agitando vigorosamente hasta que quede disuelto. En otra jarra de 0.5 litros vacíe el contenido del sachet o sobre B2 (micronutrientes líquido).

En una jarra con 0.5 Litros de agua se vació el contenido del sobre B3 (Quelato de hierro) y agite cuidadosamente hasta que quedó completamente disuelto.

Una vez disuelto completamente juntar todos los fertilizantes (B1, B2, B3) en un recipiente de 5 Litros, y si es que falta completar a 5 litros de volumen.

### **3.4.3.3. Solución concentrada C (Preparación de solución concentrada B en 5 Litros)**

Contiene

- Nitrato de calcio (C1)

En un recipiente agrego 4.0 litros de agua y se vació el contenido C1, agitando cuidadosamente hasta que quede completamente disuelto. Una vez disuelto se completó a un volumen de 5 (cinco litros)

SOLUCIÓN CONCENTRADA (hoja)	Para 1000 L	Para 500 L	Para 100 L
A	5L	2.5L	0.5L
B	5L	2.5L	0.5L
C	5L	2.5L	0.5L

Cuadro N° 2. Relación solución concentrada y agua

#### 3.4.4. Llenado de las cajas con agua y la solución nutritiva

Una vez ya armadas las cajas, se procedió con el llenado de agua hasta una altura adecuada y se procedió añadir las soluciones nutritivas, se debe mezclar bien la solución A con el agua para luego poder agregar la solución B y así sucesivamente con la solución C.



Figura N° 7. Llenado de las cajas con la solución.

### 3.4.5. Colocación de los plastoformos a las cajas

Se colocó los plastofores que servirán para mantener a flote las plantas y separar de la solución.



Figura N° 8. Colocación de los plastoformos a la caja.

### 3.4.6. Perforación del tubo espaguete

Se calienta la aguja para realizar perforaciones en la manguera esto para que oxigene la solución mediante un motor eléctrico mientras más pequeñas sean los orificio en la manguera espaguete será mejor la oxigenación.



Figura N° 9. Perforación de la manguera de Oxigenación automatizada

### **3.4.7. Cortado de la esponja que servirá de sujetador para la planta**

La esponja se la corta hasta la mitad para luego poder introducir la planta así podrá mantenerse recta y al crecer no tenga una presión que evite su desarrollo normal, por ello se usa esponjas .



Figura N° 10. Cortado de la esponja

### **3.4.8. Trasplante de las dos variedades de lechuga al sistema hidropónico**

El trasplante al sistema hidropónico se realizó el 13 de septiembre del 2018, cuando las plantas ya tenían un tamaño adecuado, se seleccionaron los mejores plantines de la bandeja almaciguera de acuerdo a experiencias que se tuvo, se recomienda que el trasplante se lo realice preferentemente en la tarde porque los plantines se aclimatan rápidamente en la noche y sobre todo por la delicadeza que estas presentan se deshidratan rápidamente, también se sugiere no tocar las raíces porque esto puede afectar en el porcentaje de prendimiento.



#### **3.4.8.1. Colocación de los plantines a la esponja y canastilla**

Se procedió con la colocación de la planta en la esponja y posteriormente al canastillo que servirá como base de la planta y permitirá el crecimiento libre de su sistema radicular. Para la colocación de la planta en la esponja se debe poner a la altura del cuello.



Figura N° 11. Colocación a las canastillas

#### **3.4.8.2. Trasplante al sistema hidropónico**

En esta etapa las plantas estarán 45 días en las cajas hasta la cosecha cuando las variedades de lechuga tengan la madurez comercial.



Figura N° 12. Trasplante de las variedades de lechuga.



### 3.4.9. COSECHA

La cosecha de las dos variedades de lechuga del sistema hidropónico de raíz flotante se realizó a los 45 días después del trasplante al sistema hidropónico, las dos variedades se cosecharon el mismo día.



Figura N°13. Cosecha de las dos variedades a los 45 días.

### 3.5 EVALUACIÓN

Durante la investigación se realizaron dos evaluaciones a los 30 y 45 días desde el trasplante al sistema hidropónico considerando las repeticiones y tratamientos.

### **3.6. VARIABLE RESPUESTA**

Los parámetros considerados para el estudio de investigación ejecutado, fueron evaluados realizando un seguimiento cotidiano del cultivo, se consideraron los siguientes parámetros.

#### **3.6.1. Porcentaje de prendimiento en las dos variedades de lechuga**

El porcentaje de prendimiento se realizó el 15 de septiembre 2018, contando las plantas prendidas en cada tratamiento, se contó de forma manual, esto se realizó a los 8 días del trasplante al sistema hidropónico.

#### **3.6.2. Número de hojas de las dos variedades de lechuga**

Se procedió al conteo directo de las hojas libre, de cada planta, esto transcurrido los 30 y 45 días del trasplante al sistema hidropónico, el conteo se lo realizó manualmente de ambas variedades.

#### **3.6.3. El tamaño de las hojas de ambas variedades**

Se realizó la medición del ancho de la hoja de cada planta a los 30 y 45 días, la medición a los 30 días se realizó con un calibre y a los 45 con una regla debido al tamaño que alcanzaron.

#### **3.6.4. Largo de raíces**

En tal efecto para determinar el tamaño (largo) de la raíz, se realizaron la medición de las plantas desde el cuello de la planta hasta la parte final de la raíz, utilizando una regla. La medición se la realizó el día de la cosecha.

#### **3.6.5. Diámetro del tallo**

Se tomó la medida de los tallos el día de la cosecha de ambas variedades de lechuga, usando un calibre y midiendo así el diámetro.

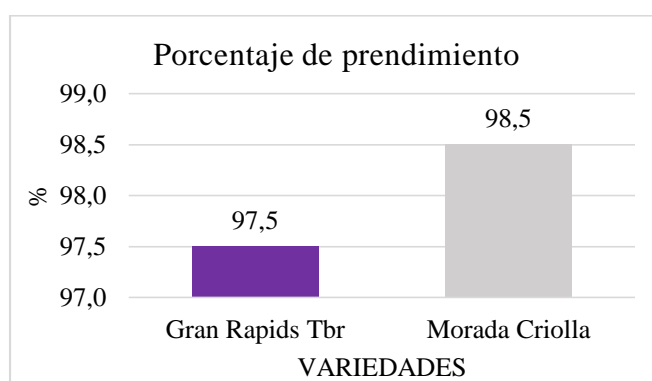
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO.

Se evaluó el porcentaje de prendimiento en las dos variedades de lechuga, dando los siguientes resultados.

**Gráfica N° 1 Porcentaje de prendimiento de las variedades**



Al obtener los resultados se observa que el porcentaje de prendimiento es alto en ambas variedades por lo cual no se observa una diferencia en cuanto a prendimiento e adaptación al sistema hidropónico.

**Cuadro N° 3. Análisis de Varianza de porcentaje de prendimiento en las variedades**

	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Total	11	4966,67	451,52			
Tratamientos	5	3366,67	673,33	3,16	5,05	11
Bloques	1	533,33	533,33	2,50	6,61	16,3
Error	5	1066,67	213,33			

Una vez realizado el análisis de varianza se puede concluir que no existen diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad ni al 1% entre los tratamientos de las dos variedades Grand Rapids e Morada Criolla siendo así que ambas tienen un elevado porcentaje de prendimiento y adaptación al sistema hidropónico.

No se cuenta con datos, de otros trabajos de investigación sobre el prendimiento de estas variedades al sistema hidropónico de raíz flotante para poder comparar estos resultados.

#### **4.2. PORCENTAJE DE NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 30 DÍAS.**

Se evaluó el número de hojas por planta de las dos variedades y diferentes niveles de oxigenación a los 30 días, arrojando los siguientes datos:

**Cuadro N° 4. Medias de Número de hojas 30 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	2,67	2,92	5,59	2,795
A1B2	2,5	2,58	5,08	2,54
A2B1	3,67	3,92	7,59	3,795
A2B2	3,67	4,17	7,84	3,92
A3B1	5,33	5,5	10,83	5,415
A3B2	5,08	5,83	10,91	5,455
	22,92	24,92	47,84	

Al obtener estos resultados se observa que los tratamientos con mayor número de hojas son A3B1 Y A3B2 con 6 hojas como promedio, en segundo lugar los tratamientos A2B1 Y A2B2 con 4 hojas como promedio y por último los tratamientos con menor número de hojas son A1B1 Y A1B2 con 3 hojas.

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a realizar un análisis estadístico o análisis de varianza

**Cuadro N° 5. Análisis de Varianza de número de hojas por planta a los 30 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Total	11	15,99				
Tratamientos	5	15,50	3,10	101,71*	5,05	11
Bloques	1	0,33	0,33	10,91*	6,61	16,3
Error	5	0,15	0,03			
Factor variedad	1	0,00	0,00	0,08 NS	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	15,42	7,71	252,97*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	0,08	0,04	1,27 NS	5,79	

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, bloques y factor oxígeno, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey.

$$q = 6,03 \text{ 5\%}$$

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,03}/2$$

$$T = 0,74$$

**Cuadro N° 6. Prueba de Tukey número de hojas 30 días.**

$X_a - X_b \geq T^*$						Tukey
	5,5	5,4	3,9	3,8	2,8	0,74
2,5	*	*	*	*	NS	0,74
2,8	*	*	*	*		0,74
3,8	*	*	NS			0,74
3,9	*	*				0,74
5,4	NS					0,74

Tratamientos	Medias	Letras
A3B2	5,5	a
A3B1	5,4	a
A2B2	3,9	b
A2B1	3,8	b
A1B2	2,8	c
A1B1	2,5	c

Gracias a la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento A3B2 alcanzo el mayor número de hojas con 6 hojas por planta en promedio siendo el mejor tratamiento y el más recomendable, seguido está el tratamiento A3B1 con un promedio de 5 hojas por planta, los tratamientos A2B2 y A2B1 sin mucha diferencia significativa entre las dos

con un promedio de 4 hojas por planta, el menor porcentaje de plantas son los tratamientos A1B2 Y A1B1 con un promedio de 3 y 2 hojas por planta siendo los tratamientos menos recomendables porque presento menos cantidad de hojas debido a que el crecimiento y desarrollo de la plantas están muy relacionadas con la cantidad de oxígeno.

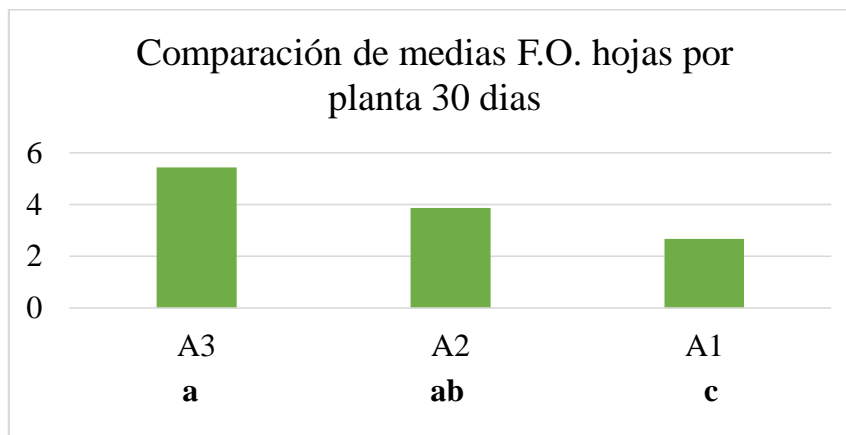
No se cuenta con datos, de otros trabajos de investigación sobre número de hojas por planta a los 30 días en diferentes niveles de oxigenación de estas variedades al sistema hidropónico de raíz flotante para poder comparar estos resultados.

#### 4.2.1 Prueba de Comparación de medias para el Factor Oxígeno hojas por planta 30 días.

Tukey = 2,1

Medias Factor Oxigenación		
	5,44	3,86
2,67	*	NS
3,86	NS	

**Grafica N° 2. Comparación de medias F. Oxígeno hojas por planta 30 días**



Según la prueba de Tukey, se comprueba que la mejor oxigenación fue A3 donde presento diferencias estadísticas con A1 pero no una diferencia estadística significativa con A2 y así mismo A2 no presentan diferencia significativa con A1.

### 4.3. PORCENTAJE DE TAMAÑO DE HOJA (ANCHO) A LOS 30 DÍAS.

Para tomar las medidas se utilizó un calibre para así poder evaluar y comparar el tamaño de la hoja.

**Cuadro N° 7. Medias del tamaño de hoja a los 30 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	5,1	5,4	10,5	5,3
A1B2	6	5,8	11,8	5,9
A2B1	10,4	10,5	20,9	10,5
A2B2	10,7	10,7	21,4	10,7
A3B1	11	11,1	22,1	11
A3B2	11,5	11,7	23,2	11,6
	54,7	55,2	109,9	

Al obtener estos resultados se observa que el tratamiento con mayor tamaño en ancho de hoja es el tratamiento A3B2 con un ancho de 11,6 cm, en segundo lugar está el tratamiento A3B1 con un ancho de hoja de 11 cm, después se encuentra los tratamientos A2B1 Y A2B2 con un ancho de hoja promedio a 11 cm, y en último lugar los tratamientos A1B1 Y A1B2 con un promedio de 6 cm de ancho de hoja; con estos resultados se procede a realizar un análisis estadístico o análisis de varianza



**Cuadro N° 8. Análisis de Varianza de tamaño de hoja a los 30 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Total	11	79,05				
Tratamientos	5	78,95	15,79	1064,55*	5,05	11
Bloques	1	0,02	0,02	1,40NS	6,61	16,3
Error	5	0,07	0,015			
Factor variedad	1	0,70	0,70	47,25*	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	78,17	39,08	2634,83*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	0,09	0,04	2,92NS	5,79	99

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, factor variedad y factor oxígeno por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey

$$q = 6,03 \text{ 5\%}$$

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,015/2}$$

$$T = 0,52$$

**Cuadro N° 9. Prueba de Tukey número de hojas 30 días**

$X_a - X_b \geq T^*$						T
	11,6	11,1	10,7	10,5	5,9	0,52
5,3	*	*	*	*	*	0,52
5,9	*	*	*	*		0,52
10,5	*	*	NS			0,52
10,7	*	*				0,52
11,1	NS					0,52

Tratamientos	Medias	Letras
A3B2	11,6	a
A3B1	11,1	a
A2B2	10,7	b
A2B1	10,5	b
A1B2	5,9	c
A1B1	5,3	d

Realizada la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, los tratamientos A3B2, A3B2 siendo los mejores con un promedio de 11,6 cm y 11,1 de ancho de hoja a los 30 días, y en segundo lugar los tratamientos A2B1, A2B2 con un promedio de 10,7 Y 10,5 cm de ancho de hoja a los 30 días, siguiendo el tratamiento A1B2 con un promedio de 5,9 cm de ancho de hoja a los 30 días y no siendo recomendable la utilización del tratamiento A1B1 con

un promedio de 5,3 cm de ancho de hoja a los 30 días ya que el nivel de oxigenación es muy bajo y por ello presento problemas en su desarrollo y crecimiento.

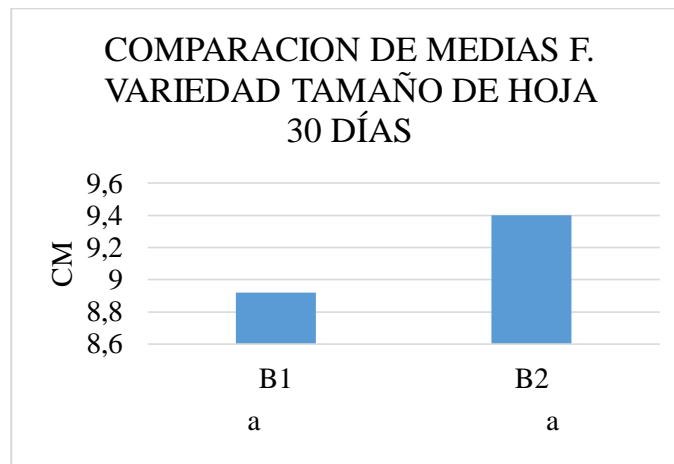
No se cuenta con datos, de otros trabajos de investigación sobre tamaño de hoja a los 30 días, en diferentes niveles de oxigenación de estas variedades al sistema hidropónico de raíz flotante para poder comparar estos resultados.

#### 4.3.1. Prueba de Comparación de medias para el factor Variedad.

Tukey = 1,58

Medias Factor	
Variedad	
	9,4
8,92	*

**Grafica N°3. Comparación de medias F. Variedad tamaño de hoja 30 días.**



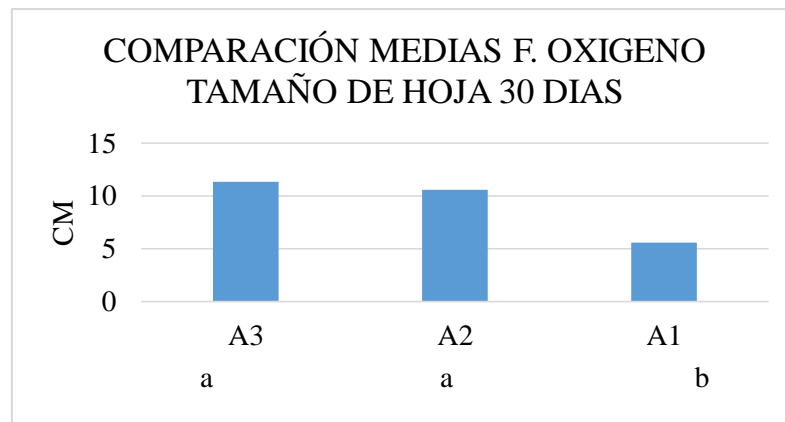
Según la prueba de tukey, se comprueba que si existe una diferencia estadística entre ambas variedades en el experimento. Esto se debe a que la variedad Morada Criolla presento un mayor desarrollo en el almacigo esto le dio ventaja sobre la variedad Grand Rapids.

#### 4.3.2. Prueba de Comparación de medias para el factor Oxígeno.

Tukey = 2,1

Medias Factor Oxígeno		
	11,33	10,58
5,58	*	*
10,58	NS	

**Grafica N°4. Comparación de medias F. Oxígeno tamaño de hoja 30 días**



Según la prueba de tukey, se comprueba que la mejor oxigenación fue con A3 Y A2 sin diferencias estadísticas, donde existe una diferencia estadística altamente significativa es con el nivel de oxigenación A1. Esto se debe que la falta de oxígeno afecto al desarrollo y crecimiento de las plantas de lechuga.

#### 4.4. PORCENTAJE DE NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA A LOS 45 DÍAS.

Se evaluó el número de hojas por planta de las dos variedades y diferentes niveles de oxigenación a los 45 días, arrojando los siguientes datos:

**Cuadro N° 10. Medias de Número de hojas 45 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	7	6,8	13,8	6,9
A1B2	7,2	7,3	14,5	7,25
A2B1	15	14,9	29,9	14,95
A2B2	16,5	16,9	33,4	16,7
A3B1	15,5	15,3	30,8	15,4
A3B2	16,7	16,8	33,5	16,75
	77,9	78	155,9	

Al obtener estos resultados se observa que los tratamientos con mayor número de hojas son A3B2 Y A3B1 con 17 y 15 hojas como promedio, en segundo lugar los tratamientos A2B2 Y A2B1 con 17 y 15 hojas como promedio y por último los tratamientos con menor número de hojas son A1B1 Y A1B2 con 7 hojas como promedio

Con los resultados obtenidos se desarrolló el análisis estadístico o análisis de varianza.

**Cuadro N° 11. Análisis de Varianza de número de hojas por planta a los 45 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Total	11	215,31				
Tratamientos	5	215,17	43,03	1603,78*	5,05	11
Bloques	1	0,00	0,00	0,03NS	6,61	16,3
Error	5	0,13	0,03			
Factor variedad	1	3,97	3,97	147,86*	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	210,17	105,08	3916,15*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	1,04	0,52	19,38*	5,79	99

Los resultados muestran que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, en los factores variedad, oxigenación y la interacción V/O por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey

$q = 6,03$  5%

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,03/2}$$

$T = 0,74$

**Cuadro N° 12. Prueba de Tukey número de hojas 45 días**

Xa – Xb ≥ T*						TUKEY
	16,75	16,7	15,4	14,95	7,25	
6,9	*	*	*	*	NS	0,74
7.25	*	*	*	*		0,74
14.95	*	*	NS			0,74
15.4	*	*				0,74
16.7	NS					0,74

Tratamientos	Medias	Letras
A3B2	16,75	a
A2B2	16,7	a
A3B1	15,4	b
A2B1	14,95	b
A1B1	7,25	c
A1B2	6,9	c

Por la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, los tratamientos A3B2, A2B2 siendo los mejores con un promedio de 17 hojas por planta a los 45 días.

En segundo lugar los tratamientos A3B1, A2B1 con un promedio de 15 de hojas por planta a los 45 días, siguiendo el tratamiento A1B1 con un promedio de 7 de hojas por planta a los 45 días, el tratamiento A1B1 con un promedio de 5 hojas por planta a los 45 días y no siendo recomendable la utilización, ya que el nivel de oxigenación es muy bajo y por ello presento problemas en su desarrollo y crecimiento.

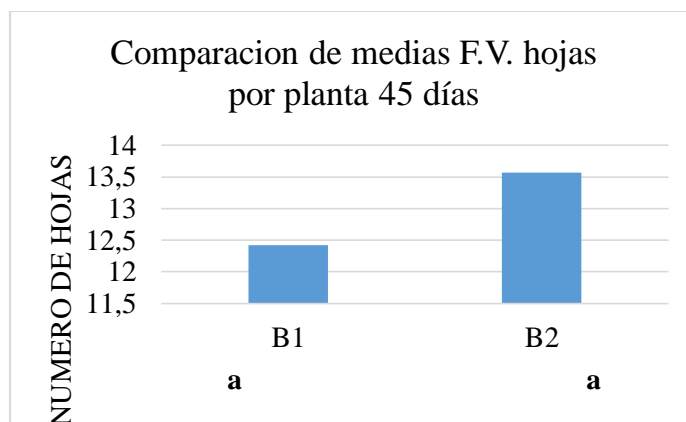
Estos resultados muestran coincidencia con los resultados obtenidos en otros trabajos de investigación que evalúan el número de hojas. (Cruz, 2016)

#### 4.4.1. Prueba de Comparación de medias para el Factor Variedad hojas por planta 45 días.

Tukey = 2,5

Medias	Factor Variedad
	13,57
12,42	NS

**Grafica N° 5. Comparación de medias F. Variedad hojas por planta 45 días.**



Según la prueba de Tukey, se comprueba que existe no existe una diferencia significativa estadísticamente entre las variedades Morada Criolla (A1) y Grand Rapids (A2).

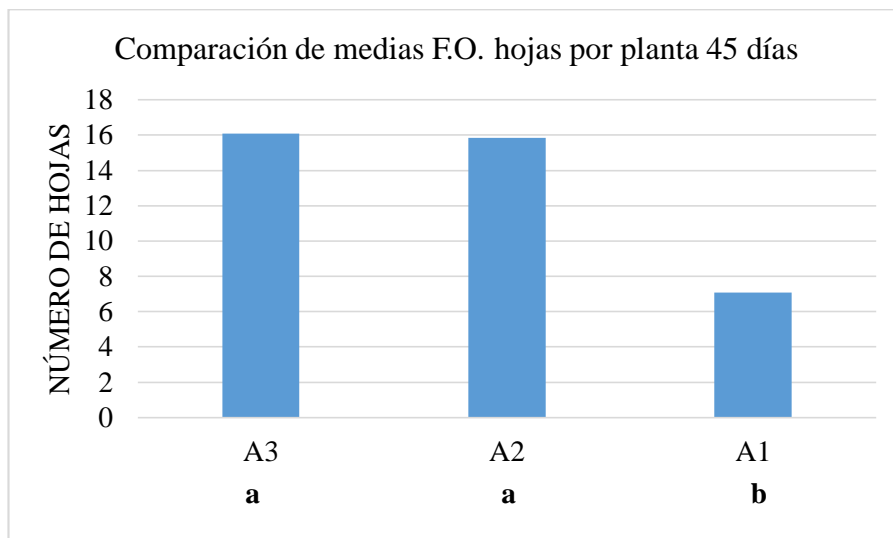


#### 4.4.2. Prueba de Comparación de medias para el Factor Oxígeno hojas por planta 45 días.

Tukey = 0,84

Medias Factor Oxígeno		
	16,08	15,83
7,08	*	*
15,83	NS	

**Grafica N°6. Comparación de medias F. Oxígeno hojas por planta 45 días.**

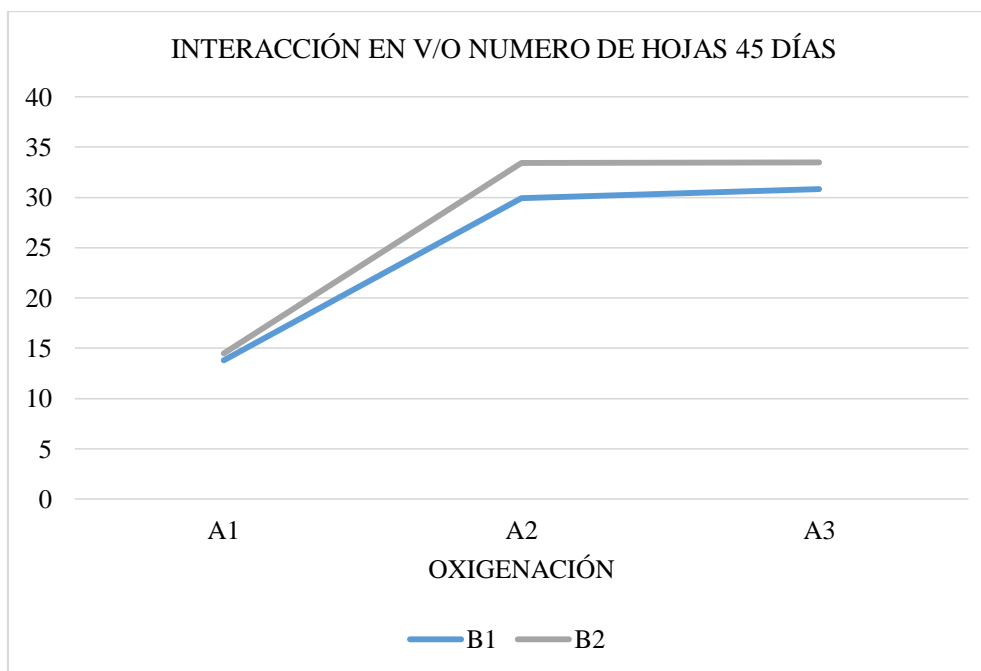


Según la prueba de Tukey, se comprueba que los mejores niveles de oxigenación son A3 (Oxigenación automatizada) Y A2 (oxigenación manual dos veces al día) no existiendo diferencia estadística significativa y el resultado con menor fue A1 con un bajo número de hojas.

**Cuadro N° 13. Interacción Variedad/Oxigenación número de hojas por planta a los 45 días.**

FACTORES	A1	A2	A3	TOTAL	MEDIA
B1	13,8	29,9	30,8	74,5	12,42
B2	14,5	33,4	33,5	81,4	13,57
TOTAL	28,3	63,3	64,3		
MEDIA	7,08	15,83	16,08		

**Grafica N° 7. Interacción variedad/oxigenación número de hojas 45 días.**



De acuerdo a la gráfica N 5, podemos observar que entre los factores variedad existe una interacción débil en el punto A1 (oxigenación una vez al día) y se observa una interacción nula en los puntos A2 (oxigenación dos vez al día), A3 (oxigenación automatizada). El punto A1 afecto el desarrollo normal de las variedades de lechuga.

Esto se debe a que el oxígeno afecto al crecimiento y desarrollo de la planta, por ello el rendimiento se verá afectado según (Morgan, 2001).

#### **4.5. PORCENTAJE DE TAMAÑO DE HOJA (ANCHO) A LOS 45 DÍAS.**

Para tomar las medidas se utilizó un calibre para así poder evaluar y comparar el tamaño de la hoja.

**Cuadro N° 14. Medias del tamaño de hoja a los 45 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	6,66	6,79	13,45	6,725
A1B2	6,49	6,43	12,92	6,46
A2B1	17,22	17,2	34,42	17,21
A2B2	17,1	17	34,1	17,05
A3B1	17,43	17,3	34,73	17,365
A3B2	17,23	17,06	34,29	17,145
	82,13	81,78	163,91	

Al obtener estos resultados se observa que el tratamiento con mayor tamaño en hoja es el tratamiento es A3B1 con un promedio de 17,4 cm de ancho en la hoja, pero los tratamientos A3B2, A2B1, A2B2 con un promedio de 17 cm de ancho en la hoja no se encuentran muy alejados del promedio más alto, por otro lado el tratamiento A1B1, A1B2 con un promedio de 6,7 y 6,4 cm de ancho de hoja, se puede ver la gran diferencia que existe con respecto al promedio del tratamiento A3B1 que es el más alto.

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a realizar un análisis estadístico o análisis de varianza.

**Cuadro N° 15. Análisis de Varianza de tamaño de hoja a los 45 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					5%	1%
Total	11	299,84				
Tratamientos	5	299,80	59,96	10653,32*	5,05	11
Bloques	1	0,01	0,01	1,81 NS	6,61	16,3
Error	5	0,03	0,01			
Factor variedad	1	0,14	0,14	24,64*	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	299,66	149,83	26620,48*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	0,01	0,00	0,49 NS	5,79	99

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, factor variedad y factor oxígeno por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey

$$q = 6,03 \text{ 5\%}$$

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,01/2}$$

$$T = 0,44$$

**Cuadro N° 16. Prueba Tukey de tamaño de hoja a los 45 días.**

Xa - Xb ≥ T*						Tukey
	17,36	17,14	17,21	17,05	6,72	0,44
6,46	*	*	*	*	NS	0,44
6,72	*	*	*	*		0,44
17,05	NS	NS	NS			0,44
17,21	NS	NS				0,44
17,14	NS					0,44

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Letras
A3B1	17,36	a
A3B2	17,14	a
A2B1	17,21	a
A2B2	17,05	a
A1B1	6,72b	b
A1B2	6,46	b

Gracias a la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, El cual los tratamientos A3B1 (O. Automatizada V. Morada Criolla), A3B2 (O. Automatizada V. Grand Rapids) A2B1 (O. dos veces al día V. Morada Criolla) y A2B2 (O. dos veces al día V. Grand Rapids), no presenta diferencia significativa, pero comparando con A1B1(O. una vez al día V. Morada Criolla), A1B2 (O. una vez al día V. Grand Rapids) la diferencia es muy notable, por tanto no se recomienda estos tratamientos por otro lado el mejor tratamiento es A3B1 es el más recomendable. No se cuenta con datos, de otros trabajos de investigación en esta

variable bajo las mismas condiciones, para comparar resultados, por tanto se deberá seguir investigando en esta variable.

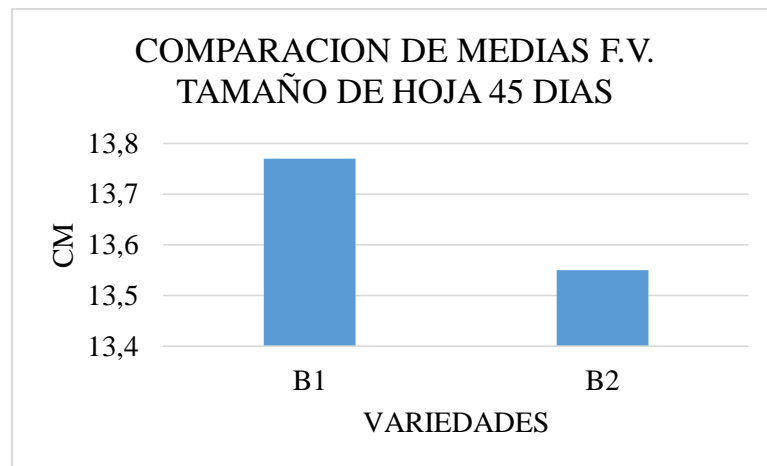
El ancho de la hoja es importante ya que las personas a la hora de comprar se fijan el tamaño de la misma.

#### 4.5.1 Prueba de Comparación de medias para el Factor Variedad tamaño de hoja 45 días.

Tukey = 9,45

Medias Factor Variedad	
	82,6
81,31	NS

**Grafica N°8. Comparación de medias F. Variedad tamaño de hoja 45 días**



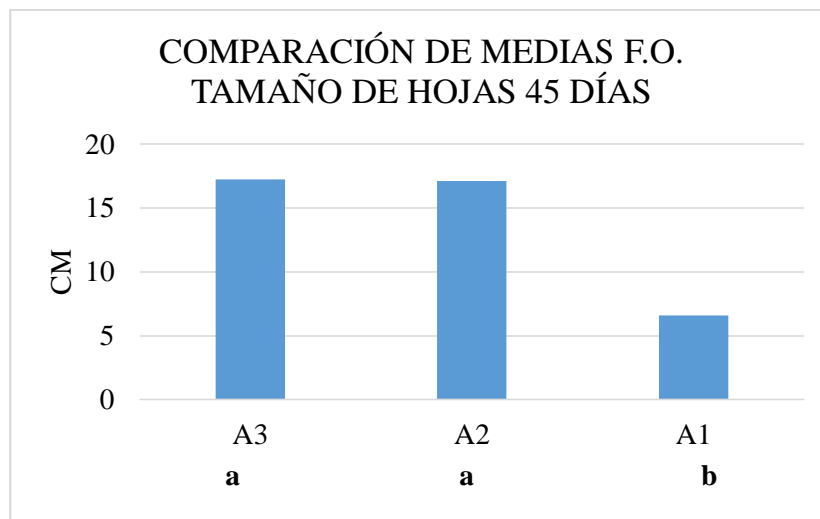
Según la prueba de tukey, se comprueba que no existe una diferencia estadística significativa entre las variedades B1 Y B2, por ello ambas son recomendables para el sistema hidropónico de raíz flotante.

#### 4.5.2. Prueba de Comparación de medias para el Factor Oxígeno tamaño de hoja 45 días.

Tukey = 9,2

Medias	Factor	
Oxígeno		
	17,26	17,13
6,59	*	*
17,13	NS	

**Grafica N° 9. Comparación de medias F. Oxígeno tamaño de hoja 45 días.**



Según la prueba de tukey, se comprueba que los mejores niveles de oxigenación son A3, A2 no existiendo diferencia significativa entre estos niveles, no siendo así con el nivel A1 que es muy bajo a comparación de los demás niveles.

El nivel A1 afecto el desarrollo normal de las variedades de lechuga. Esto se debe a que el oxígeno afecto al crecimiento y desarrollo de la planta, por ello el rendimiento se verá afectado según (Morgan, 2001).

#### 4.6. PORCENTAJE DE DIÁMETRO DE TALLO A LOS 45 DÍAS.

Para tomar las medidas se utilizó un calibre el día de la cosecha para poder evaluar el desarrollo del tallo en ambas variedades.

**Cuadro N° 17. Medias de diámetro de tallo a los 45 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	0,6	0,68	1,28	0,64
A1B2	0,56	0,53	1,09	0,545
A2B1	1,76	1,61	3,37	1,685
A2B2	1,3	1,41	2,71	1,355
A3B1	1,76	1,69	3,45	1,725
A3B2	1,43	1,38	2,81	1,405
	7,41	7,3	14,71	

Al obtener estos resultados se observa que los tratamientos con mayor diámetro de tallo son: A3B1 1,72 cm y A2B1 1,68 cm de diámetro de tallo, seguido se encuentran los tratamientos A3B2 1,4 cm Y A2B2 1,35 cm de diámetro de tallo y por último los tratamientos A1B1 1,28 y A1B2 1,09 cm de diámetro.

Se procede a realizar análisis de varianza.



**Cuadro N° 18. Análisis de Varianza de diámetro de tallo a los 45 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					5%	1%
Total	11	2,66				
Tratamientos	5	2,63	0,53	111,29*	5,05	11
Bloques	1	0,001	0,001	0,21 NS	6,61	16,3
Error	5	0,02	0,005			
Factor variedad	1	0,19	0,19	39,13*	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	2,41	1,21	254,92*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	0,04	0,02	3,73 NS	5,79	99

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, factor variedad y factor oxígeno por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey  $q = 6,03$  5%

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,005/2}$$

$$T = 0,30$$

**Cuadro N° 19. Prueba de Tukey de diámetro de tallo a los 45 días.**

Xa - Xb ≥ T*						Tukey
	1,73	1,69	1,41	1,36	0,69	
0,55	*	*	*	*	NS	0,30
0,69	*	*	*	*		0,30
1,36	*	*	NS			0,30
1,41	*	NS				0,30
1,69	NS					0,30

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Letras
A3B1	1,73	a
A2B1	1,69	a
A3B2	1,41	ab
A2B2	1,36	b
A1B1	0,69	c
A1B2	0,55	c

Gracias a la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, El cual los tratamientos A3B1 1,73 cm y A2B1 1,69 cm tienen un mayor diámetro de tallo, y los tratamientos A3B2 1,41 cm y A2B2 1,36 cm de diámetro de tallo siendo mejor estos tratamientos y recomendados ya que las plantas de lechuga se venden según su hoja y no así el tamaño del tallo y por último los tratamientos A1B1 0,69 cm y A1B2 0,55 cm de diámetro de tallo, por lo tanto no se

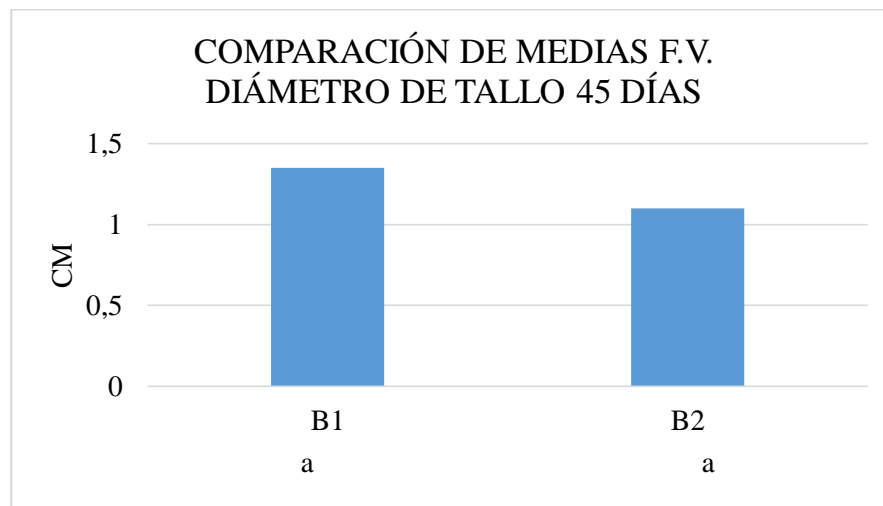
recomienda estos tratamientos porque presentan problemas con su desarrollo normal. Estos resultados muestran coincidencia con los resultados obtenidos en otros trabajos de investigación del cultivo de la lechuga en un sistema hidropónico de raíz flotante que evalúan el diámetro del tallo. (Cruz, 2016)

#### 4.6.1 Prueba de Comparación de medias para el Factor Variedad diámetro de tallo 45 días.

Tukey = 3,97

Medias Factor Variedad	
	1,35
1,1	*

**Grafica N° 10 Comparación de medias F. Variedad diámetro tallo 45 días.**



Una vez Realizada la prueba de tukey podemos observar que si existe una diferencia significativa en el diámetro de tallo entre ambas variedades B1, B2. Esto se debe a la variedad Grand Rapids que tienen un menor crecimiento en el diámetro del tallo.

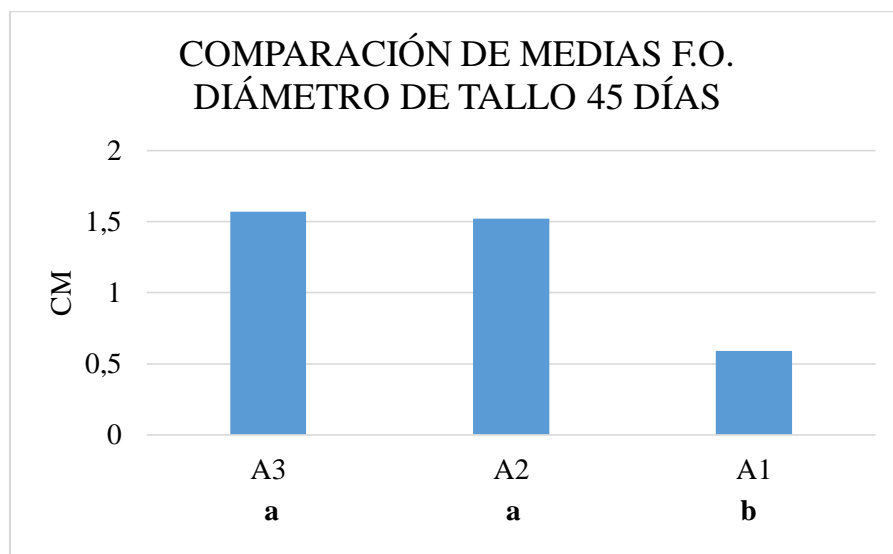
La base es más o menos delgada y la formación de hojas es de una forma aspiralada. (Burruezo, 2009)

#### 4.6.2. Prueba de Comparación de medias para el Factor Oxígeno diámetro de tallo 45 días.

Tukey = 1,1

Medias Factor Oxígeno		
	1,57	1,52
0,59	*	*
1,52	NS	

**Grafica N° 11. Comparación de medias F. Oxígeno diámetro de tallo 45 días.**



Terminado la prueba de tukey podemos observar que no existen diferencias en A3 y A2 con un promedio de diámetro de 1,5 cm, en A1 podemos encontrar una diferencia notable en comparación con A3, A2 esto se debe a que el oxígeno afecto al crecimiento y desarrollo de la planta, por ello el rendimiento se verá afectado. (Morgan, 2001).

#### 4.7. PORCENTAJE DE TAMAÑO (LARGO) DE RAÍZ.

Para realizar este análisis se usó una regla para medir el largo de las mismas a los 45 días.

**Cuadro N° 20. Medias de tamaño de raíz a los 45 días.**

TRATAMIENTOS	I	II	SUMA	MEDIA
A1B1	9	9,4	18,4	9,2
A1B2	8	8,3	16,3	8,15
A2B1	30,5	30,1	60,6	30,3
A2B2	22,8	22,6	45,4	22,7
A3B1	30	30,7	60,7	30,35
A3B2	20,4	19,4	39,8	19,9
	120,7	120,5	241,2	

Al obtener estos resultados de las medias de los tratamientos en tamaño de raíz podemos observar que el tratamiento A3B1 tienen el mayor tamaño en raíz con unos 30,35 cm de media, seguido se encuentra el tratamiento A2B1 con un tamaño de 30,3 cm de promedio, posteriormente están los tratamientos A2B2, A3B2 con una media de 22,7 cm y 19,9 cm, y por último los tratamientos A1B1, A1B2 con una media de 9,2 cm y 8,15 cm.

**Cuadro N° 21. Medias de tamaño de raíz a los 45 días.**

FV	GL	SC	CM	FC	Ft	
					5%	1%
Total	11	956,00				
Tratamientos	5	955,03	191,01	987,96*	5,05	11
Bloques	1	0,003	0,003	0,02 NS	6,61	16,3
Error	5	0,97	0,193			
Factor variedad	1	121,60	121,60	628,98*	6,61	16,3
Factor oxígeno	2	786,96	393,48	2035,25*	5,79	99
Variedad/Oxígeno	2	46,46	23,23	120,16*	5,79	99

Se encuentra que existe una diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, factor variedad, factor oxígeno y la interacción variedad oxígeno por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey

$$q = 6,03 \text{ 5\%}$$

$$T = q * \sqrt{CMe/N^0r} = 6,03 * \sqrt{0,193}/2$$

$$T = 1,87$$

**Cuadro N° 22. Prueba de Tukey tamaño de raíz**

Xa - Xb $\geq$ T*						Tukey
	30,35	30,3	22,7	19,9	9,2	
8,15	*	*	*	*	NS	1,87
9,2	*	*	*	*		1,87
19,9	*	*	*			1,87
22,7	*	*				1,87
30,3	NS					1,87

TRATAMIENTOS	MEDIAS	Letras
A3B1	30,35	a
A2B1	30,3	a
A2B2	22,7	b
A3B2	19,9	c
A1B1	9,2	d
A1B2	8,15	d

Gracias a la prueba de Tukey se concluye que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, con un mayor tamaño de raíz están los tratamientos A2B1, A3B1 con 30 cm de largo, seguido el tratamiento A2B2 con 22,7 cm de largo de raíz, posteriormente el tratamiento A3B2 con 19,9 cm el cual es el tratamiento más recomendable ya que las raíces crecen según la cantidad de nutrientes disponibles tengan en su entorno. Y por último los tratamiento: A1B1, A1B2 con 9,2 cm y 8,15 cm de largo de raíz, esto indica que no tuvieron un desarrollo adecuado por lo cual no es recomendable su realización. Los resultados no coinciden con los resultados de otros

trabajos de investigación sobre el tamaño de raíz en el cultivo de la lechuga en un sistema hidropónico de raíz flotante. (Cruz, 2016)

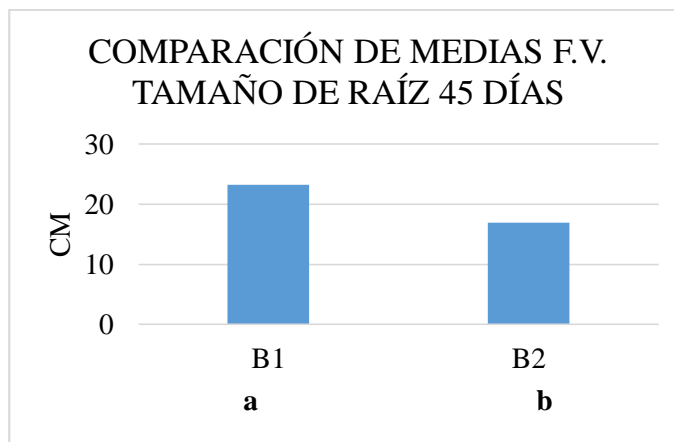
Los datos no coinciden por el nivel de oxigenación aplicado en este trabajo de investigación y también por los días desde el trasplante al sistema y cosecha.

#### 4.7.1 Prueba de Comparación de medias para el Factor Variedad tamaño de raíz 45 días.

Tukey = 4,6

Medias Factor Variedad	
	23,28
16,92	*

**Grafica N° 12. Comparación de medias F. Variedad tamaño de raíz 45 días.**



Ya realizada la prueba de tukey observamos que existe una diferencia significativa en el tamaño de raíz en las variedades Grand Rapids y Morada Criolla.

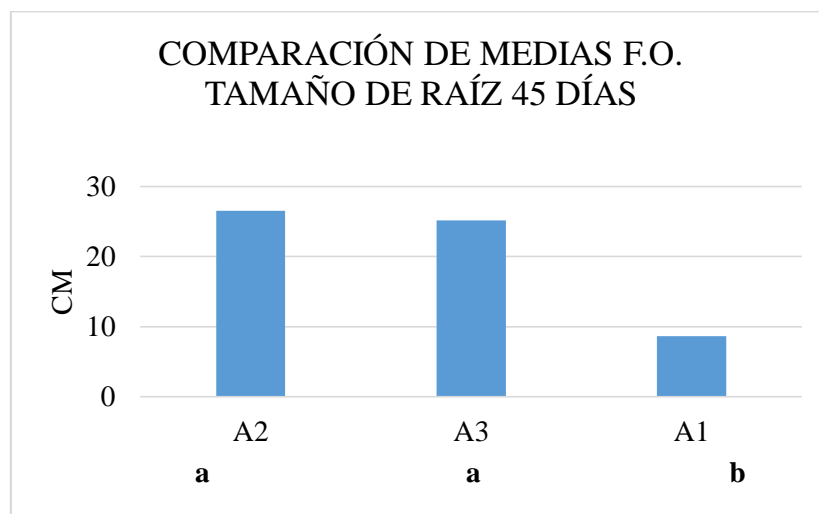


#### 4.7.2. Prueba de Comparación de medias para el Factor Oxígeno tamaño de raíz 45 días.

Tukey = 1,20

Medias Factor Oxígeno		
	26,5	25,13
8,86	*	*
25,13	NS	

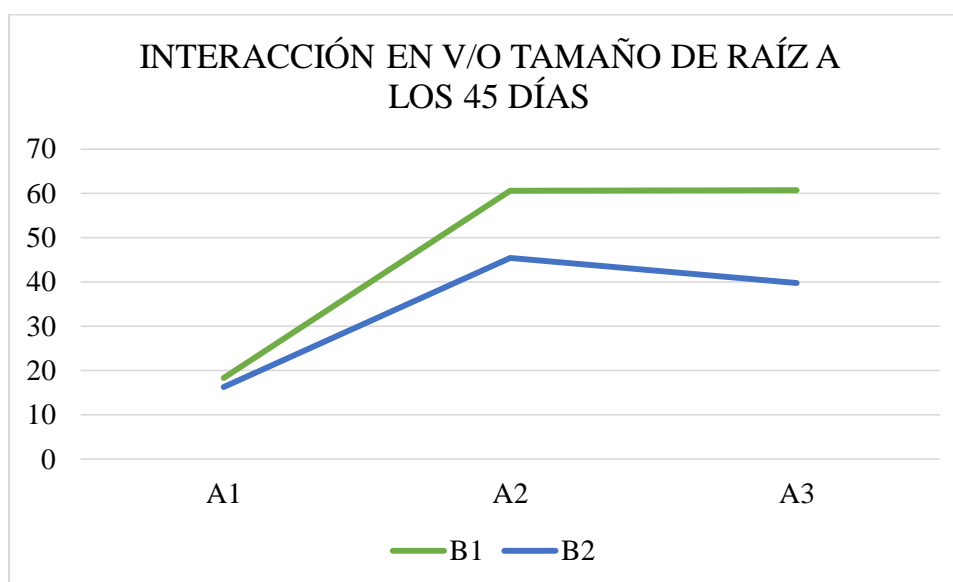
**Grafica N° 13. Comparación de medias F. Oxígeno tamaño de raíz 45 días.**



Según la prueba de Tukey, se comprueba que el mayor tamaño de raíz fue en los niveles de oxigenación A2, A3 donde presento diferencias estadísticas altamente significativas con A1 esto se debe a que la falta de oxígeno afecta al desarrollo y crecimiento de las plantas.

**Cuadro N° 23. Interacción Variedad/Oxigenación en el tamaño de raíz 45 días.**

FACTORES	A1	A2	A3	TOTAL	MEDIA
B1	18,4	60,6	60,7	139,7	23,28
B2	16,3	45,4	39,8	101,5	16,92
TOTAL	34,7	106	100,5	241,2	
MEDIA	8,68	26,50	25,13		

**Grafica N° 14. Interacción en v/o tamaño de raíz a los 45 días**

De acuerdo a la gráfica N 7, podemos observar que entre los factores variedad y el factor oxigenación, existe una interacción débil en el punto A1(oxigenación una vez al día) y se observa una interacción nula en los puntos A2 (oxigenación dos vez al día), A3 (oxigenación automatizada). El punto A1 afecto el desarrollo normal del crecimiento de las raíces de las variedades de lechuga. Esto se debe a que el oxígeno afecto al crecimiento y desarrollo de la planta, por ello el rendimiento se verá afectado según (Morgan, 2001

La falta de oxígeno reduce la absorción de agua y minerales por parte de la planta con repercusiones en el crecimiento aéreo y radicular, en consecuencia el rendimiento. (Tesis et al, 2003)

#### 4.8. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico que se realizó en el presente trabajo de investigación fue con el propósito de conocer la rentabilidad del sistema hidropónico de raíz flotante y a partir de cuantas cosechas ya es rentable.

#### Cuadro N° 24 Costo de Construcción y Funcionamiento del Sistema Hidropónico

	UNID	CANTIDAD	PRECIO BS	VALOR
<b>A. Costos directos</b>				
<b>1. Equipos</b>				
Motor eléctrico Oxigenador	unidad	2	40	80
Subtotal				80
<b>2. Insumos y materiales</b>				
Madera 1,5 mts	unidad	12	8	96
Madera 1 mts	unidad	12	6	72
Plástico Negro 200 micrones	metro	8	12	96
Clavos 2 pulg	bolsa	1	10	10
Plastoformo	unidad	18	8	144
Chinches	caja	3	1,5	4,5
Manguera Espaguete	metro	6	5	30
Canastillas	unidad	144	0,6	86,4
Esponja	metro	2	8	16
Estilete	unidad	1	1,5	1,5
Subtotal				556,4
<b>3. Mano de Obra</b>				
Armado e instalación	jornal	3	90	270

Subtotal				270
Total costos Directos				906,4
<b>B. Costos Indirectos</b>				
Imprevistos	unidad	1	30	20
Total costos Indirectos				20
Costos Totales				926,4
<b>C. Costos Variables</b>				
<b>1. Almacigo</b>				
Semilla Gran Rapids Tbr	Onza	0,5	32	16
Semilla Morada Criolla	Onza	0,5	24	12
Tierra vegetal	Bolsa	1	10	10
Subtotal				38
<b>2. Solución</b>				
Solución Nutritiva para 1000lts	sachet	1	70	70
Subtotal				70
<b>3. Mano de Obra</b>				
Trasplante	Jornal	0,5	90	45
Total costos Variables				153
<b>TOTAL</b>				<b>1079,4</b>

#### 4.8.1. Análisis financiero del sistema hidropónico.

Área de cultivo m <sup>2</sup>	P/m <sup>2</sup>	Precio de lechuga (Bs)	CV	CD	CT	B	UB	UN	B/CT 100%
9	16	3	153	926	1079	432	279	-647	40,04
100	16	3	1700	10066,66	11988,88	4800	3100	-7188	40,04

**Cuadro N° 25. Análisis financiero del sistema hidropónico en (Bs)**

#### 4.8.2 Aplicación de las formulas.

$$CT = CV + CF$$

$$UB = B - CV$$

$$UN = B - CT$$

$$\text{Relación B/CT } 100\% = B/CT * 100$$

Donde:

CV = Costos Variables

CF = Costos Directos

CT = Costos Totales

B = Beneficios

UB = Utilidad Bruta

UN = Utilidad Neta

Debe ser considerado que por cada m<sup>2</sup> de área se cultivan 20 unidades de lechuga Marulanda, 1995, respalda que las 20 plantas de lechuga se cosechan 15 plantas de lechuga de excelente calidad la cual 5 serian de segunda clase.

**Cuadro N° 26. Cosechas del cultivo de lechuga**

COSECHAS DEL CULTIVO DE LECHUGA			
	Costo total	Beneficio	
Año 1	Bs	Bs	Ganancia Bs
Cosecha 1	1059	432	-627
Cosecha 2	153	432	279
Cosecha 3	153	432	279
Cosecha 4	153	432	279
Cosecha 5	153	432	279
Cosecha 6	153	432	279
Año 2			
Cosecha 1	153	432	279
Cosecha 2	153	432	279
Cosecha 3	153	432	279
Cosecha 4	153	432	279
Cosecha 5	153	432	279
Cosecha 6	153	432	279
Ganancia			2442

Cosecha significa tiempo transcurrido desde el trasplante al sistema hidropónico hasta la cosecha en un tiempo de 45 días. De acuerdo a las utilidades netas, los costos directos (CD), para el sistema hidropónico de raíz flotante no incluyen valor a la mano de obra para el cuidado y atención del sistema. Después de la quinta cosecha ya se recupera la inversión en la construcción del sistema, al segundo año ya se obtiene una ganancia de 2442 bs en 9 m<sup>2</sup> de sistema hidropónico de raíz flotante.

#### 4.8.3. Comparación de análisis financiero de sistemas hidropónicos

##### Análisis financiero (Bs) del sistema hidropónico Raíz Flotante (Bs) (Cruz, 2016)

Área de cultivo m <sup>2</sup>	P/m <sup>2</sup>	precio de lechuga (Bs)	CV	CF	CT	B	UB	UN	B/C 100 %
5,94	25	2,50	164	2042	2206	370	206	-1836	16,77
100,00	25	2,50	997	34377	35374	6242	5244,6	-29132	17,65

##### Análisis financiero (Bs) del sistema hidropónico NFT. (Cruz, 2016)

Área de cultivo m <sup>2</sup>	P/m <sup>2</sup>	Precio de lechuga (Bs)	CV	CF	CT	B	UB	UN	B/C 100%
37,28	15	2,5	372	2954	3326	1398	1025	-1929	50,20
100	15	2,5	997,8	7923	9821	10000	9002	1078	50,20

##### Análisis financiero del sistema hidropónico en (Bs)

Área de cultivo m <sup>2</sup>	P/m <sup>2</sup>	Precio de lechuga (Bs)	CV	CD	CT	B	UB	UN	B/CT 100%
9	16	3	153	926	1079	432	279	-647	40,04
100	16	3	1700	10066,66	11988,88	4800	3100	-7188	40,04

Observando las tablas podemos observar que se cumplió el objetivo general de la construcción de un sistema hidropónico con un bajo costo, obteniendo buenos resultados, ahorrando hasta un 50% en la construcción de un sistema hidropónico de raíz flotante

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y posteriormente analizados se concluye que:

1. La construcción del sistema hidropónico tuvo un bajo costo de inversión inicial, en relación a otros sistemas siendo así que en el primer año ya se recupera la inversión inicial dando así ganancias en el segundo año.
2. En porcentaje de prendimiento de ambas variedades, se concluye que no existe diferencias estadísticas significativas, puesto que las variedades se adaptaron casi en un 100% al sistema hidropónico de raíz flotante, concluyendo que ambas variedades son óptimas para este sistema.
3. Después de los datos obtenidos en cuanto a calidad y rendimiento se puede decir que el nivel óptimo de oxigenación es: dos veces al día u oxigenación mediante un motor oxigenador.
4. Con los datos obtenidos los mejores resultados fueron con la oxigenación automatizada (A3) y manual dos veces al día (A2), en ambas variedades de lechuga Grand Rapids Tbr (B2) y Morada Criolla (B1), no existiendo una diferencia estadística significativa entre estos tratamiento dando excelentes resultados con un promedio de 17 a 15 hojas por planta, con un ancho de 17 cm ambas variedades, en 45 días después del trasplante al sistema hidropónico.
5. Los tratamientos que no son nada recomendables son: oxigenación una vez al día (A1) en variedad Grand Rapids Tbr (B2) y Morada Criolla (B1) con un promedio de 7 hojas por planta y un ancho de hoja de 6,7 cm lo cual indica que es muy bajo el desarrollo y no productivo, esto se debió al bajo nivel de oxigenación que se les aplico e influyó mucho en su desarrollo y crecimiento. Por ello no recomiendo este tratamiento en ninguna de las dos variedades de lechuga usadas en el experimento.



## 5.2. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones del trabajo de investigación efectuado se recomienda:

1. Los tratamientos A3B1 (oxigenación automatizada, variedad Grand Rapids Tbr) y A3B2 (oxigenación automatizada, variedad Morada Criolla) ya que dieron excelentes resultados en prendimiento y calidad de lechugas en un tiempo de 45 días y son los más prácticos debido a que al momento de oxigenar solo se los enchufa o se los programan con un timer esto ahorra mano de obra y tiempo.
2. La oxigenación una vez al día (A1) dió resultados altamente negativos en ambas variedades (Grand Rapids Tbr y Morada Criolla), porque las plantas se vieron muy afectadas con la falta de oxígeno en la solución, esto afecto en el desarrollo y crecimiento de las mismas
3. Se recomienda también que los plantines tengan un tamaño y desarrollo radículas adecuado, antes del trasplante al sistema hidropónico para un mejor porcentaje de prendimiento y adaptación.