

JUSTIFICACIÓN

Es el aspecto técnico de 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 desgaste del suelo.

En el aspecto económico se puede mencionar que los precios de los alimentos vegetales cada vez son más caros y de dudosa calidad poniendo en riesgo la salud del consumidor por lo que es necesaria la implementación de métodos alternativos de cultivo de vegetales que brinden a los consumidores una oferta constante estandarizada y confiable. De esta manera, es importante conocer las deficiencias técnicas de esta forma de cultivo con el fin de elaborar estrategias y acciones pertinentes que permitan mejorar continuamente la calidad de hortalizas y forrajes.

Para ello es necesario identificar cada una de las variables y los aspectos que intervienen en su cultivo para ofrecer nuevas tendencias de consumo a la población Tarijeña sea hombre, mujer, niño que desee tener la posibilidad de disfrutar todos los días de legumbres y frutos fresco, sanos, nutritivos y cien por cien libres de contaminación.

La hidroponía es un cultivo 100% ecológico donde se reemplaza el suelo por un mecanismo que permite la producción a gran escala de las plantas comestibles en zona no adecuada para ello. Es por esta razón que se debe estructurar mecanismos que favorezcan el cultivo debido a que mayor es el aprovechamiento por cada m.²

Es importante mencionar que en ciudades con mayor densidad poblacional, la agricultura urbana debe ser modernizada mediante técnicas que eviten el uso de aguas servidas y hagan mucho más eficiente el recurso agua y el recurso suelo, características que cumple este sistema.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Evaluar la respuesta del sistema de cultivo hidropónico re circulante de lechuga en las condiciones medio ambientales de Tarija y su grado de aceptación por parte de los pobladores.

1.2. Objetivos específicos

- Identificar las ventajas que trae el método de la hidroponía frente a otras formas de cultivos.
- Definir el mejor método bajo el sistema hidropónico en la fase de establecimiento de la lechuga para obtener cultivos con menor porcentaje en contaminación.
- Evaluar el grado de aceptación de este nuevo producto en los mercados de la población Tarijeña.
- Estructurar estrategias que permitan mejorar la producción y los procesos de venta del cultivo garantizando calidad y sus beneficios nutricionales para el consumo, creando fuentes de trabajo en sectores donde hayan problemas de aridez del suelo, sequía y zonas donde el clima es demasiado frio o demasiado cálido.

1.3. HIPÓTESIS

Hay diferencia significativa en el rendimiento de las tres variedades de lechuga en los dos sistemas Hidropónicos bajo ambiente controlado.

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. ORIGEN

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).

2.1.1. 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. DESCRIPCIÓN DE LA LECHUGA

La lechuga es la planta más importante del grupo de hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo.

2.2.1. DATOS GENERALES

Cuadro N° 1. Taxonomía

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

Fuente: Acosta, 2016

2.2.2. 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. (Alvarado et al. 2001)

Es miembro de la familia Asteráceas una planta herbácea propia de las regiones semitempladas, originaria de las costas del sur y sureste del Mar Mediterráneo , desde Egipto hasta Asia Menor, según BRETSCHEIDER, la lechuga fue introducida a China desde el occidente entre los años 600 a 900.(Granval & Gaviola , 2011).

En Bolivia la variedad más destacada en el uso comercial es la crispa, engloba variedades hortícolas de hojas crespas o frisadas, a su vez se dividen en dos sub grupos uno formado por las variedades Batavias de hoja crujiente y la variedad Trocadero de hoja blanda son plantas anuales que no emiten raíces nuevas de la familia de las compuestas que es lo que

lo hace a esta resistente y muy adaptable a diferentes condiciones agro climatológicas que presenta nuestro país. 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. (Galván, García et al. 2008)

2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE EXPERIMENTACIÓN

2.2.3.1. Variedad de lechuga Grand Rapids

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 espiralada. 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.

2.2.3.2. Variedad de lechuga Great Lakes

Destacada por su mejor calidad forma una cabeza central, sus hojas de textura suave de alta palatibilidad, son precoces en relación a otros tipos.

2.2.3.3. Variedad de lechuga White Boston

Presenta grandes cabezas de hojas crespas mayor resistencia a la emisión de tallos floral en NFT y raíz flotante se deben cuidar las condiciones de temperatura, humedad y

luminosidad del invernadero para así obtener una cabeza firme y alto valor comercial, la temperatura óptima para la formación de la cabeza es de alrededor de 20° C para la obtención de lechugas de mayor diámetro de cabeza.

2.2.4. 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. (Botanical-online.com) 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).

2.2.5. PROPIEDADES DE LA LECHUGA

Los principios amargos, principalmente la lactucina y la lactucopicrinade la especie *Lactuca Virosa L.*, presenta efectos neurosedante (Vólak y Stodola, 1990)

2.3. SITUACIÓN MUNDIAL HIDROPONÍA

Es un método más intensivo de producción hortícola generalmente de alta tecnología y de fuerte capital viene siendo aplicada exitosamente con fines comerciales en países desarrollados, en 1996 el área mundial era de 12,000 ha (Sociedad internacional de cultivo sin suelo) Holanda es el líder en el mundo en el uso de hidropónica, posteriormente Alemania, España, Canadá, Japón, Reino Unido, EE.UU., Italia, Nueva Zelanda, Australia, Uruguay, Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia y México.

2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

2.3.1.1. Ventajas

- Permite aprovechar tierras o suelos no aptos para la agricultura tradicional.

- Los rendimientos obtenidos con hidroponía superan significativamente a la producción tradicional en suelo.
- Menor consumo de agua 70% menos de agua y fertilizantes. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- No contamina el medio ambiente.
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.
- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- El uso de agua potable o de pozo se usa un 70% menos de agua, garantizando que el cultivo hidropónico sea un producto libre de contaminación y de enfermedades.
- Se obtiene un cultivo más sano e higiénico y por lo tanto la producción es sostenible, son buenos para la salud.
- Se puede trabajar como monocultivo, sin necesidad de hacer rotación de cultivo como si ocurre con la agricultura tradicional.
- La técnica también puede ser usada con fines sociales para mejorar los ingresos de la población menos favorecida al generar autoempleo en sus propios hogares y para mejorar la cantidad y la calidad de alimentación familiar.

2.3.1.2. Desventajas

- elevados costos de producción.
- El desconocimiento del sistema hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo.
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos.
- La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición y afectar la apariencia y calidad de las plantas.

2.4. TIPOS DE CULTIVOS HIDROPONICOS

2.4.1. Sistemas hidropónicos en agua

El sistema hidropónico abarca desde los más simples a los más sofisticados completamente automatizados. Entre los sistemas más conocidos están los sistemas hidropónicos en agua y los sistemas hidropónicos en sustratos.

2.5. TIPOS DE SISTEMAS

2.5.1. Recirculante ó 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).

2.5.1.1. Componentes y requerimientos del sistema

2.5.1.1.1. Tanque

Almacena la solución nutritiva y el volumen dependerá del área y número de plantas que se desee producir.

2.5.1.1.2. Bomba de Agua

Tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo a través de las tuberías de distribución. El flujo de la solución nutritiva debe ajustarse en aproximadamente 2-3 litros/minuto. Este caudal permite una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes.

2.5.1.1.3. Tubería de Distribución

Esta tubería se extiende desde la electrobomba hasta los canales de cultivo y distribuye la solución nutritiva hacia los canales de cultivo. El diámetro de la tubería dependerá del diámetro de salida de la electrobomba.

2.5.1.1.4. Canales de Cultivo

Permiten el paso de la solución nutritiva y se prefiere de materiales de PVC ya que presentan mayores ventajas como su fácil instalación, bajo costo y resistencia. Permite el desarrollo del sistema radicular del cultivo, estos no deben exceder de los 15m. de largo, ya que puede producirse una insuficiente oxigenación.

2.5.1.1.5. Tubería de Recolección o de Drenaje

Recoge la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el tanque. De esta forma la solución nutritiva desciende por gravedad, donde producirá turbulencia en el tanque con la finalidad de oxigenar la solución nutritiva.

2.5.1.1.6. Soportes

Estos pueden ser de fierro o de madera, que son diseñados para soportar los canales de cultivo.

2.5.1.1.7. Pendiente

Para que la solución nutritiva fluya constantemente en el sistema, se requiere que ésta sea impulsada desde el estanque hacia la parte elevada de los canales de cultivo, y luego descienda a través de ellos por gravedad. Este descenso se produce gracias a la pendiente longitudinal de los canales de cultivo. En general, se recomienda que esta inclinación sea de alrededor de un 2 %. Pendientes superiores a 5%, dificultan la absorción de agua y nutrientes por las raíces del cultivo; en cambio las pendientes menores a 2%, no facilitan el adecuado retorno de la solución al estanque colector, ni tampoco la mantención de la altura de la lámina de solución nutritiva. (Carrasco, 1996)

2.5.1.1.8. Longitud de los canales de cultivo

Para la mantención de los requerimientos mencionados anteriormente, se necesita además considerar un largo máximo de canales de cultivo no superior a los 15 metros. De esta forma, se logra que la solución nutritiva se mantenga con un adecuado contenido de oxígeno posible de ser absorbido por las raíces de las plantas. Longitudes superiores a la indicada posibilitan la existencia de baja concentración de oxígeno en solución y por lo tanto conlleva un menor crecimiento de las plantas, especialmente de las ubicadas en el extremo final del canal. Además, al trabajar con canales muy extensos se dificulta la sujeción de éstos.

2.5.2. SISTEMA RAÍZ FLOTANTE

Es un sistema hidropónico por excelencia porque las raíces de las plantas sumergidas parcialmente en solución nutritiva. Se emplean planchas de termopor o poliestireno 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).

Para lograr una buena producción es muy importante airear la solución nutritiva, esta se puede hacer inyectando aire con una compresora o manualmente utilizando un batidor plástico limpio, por lo menos dos veces al día. Esta presencia de raíces de color oscuro es un indicador de mala oxigenación y esto limita la absorción del agua y nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas. La cantidad de la solución nutritiva consumida dependerá de la edad de la planta de su variedad y de la longitud de sus raíces. (Marulanda, 2003)

2.5.2.1. COMPONENTES Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

2.5.2.1.1. Maderas

Puede ser de madera, ripio, pallets dañados.

2.5.2.1.2. Clavos

Para unir los vértices de la madera dándole la forma cuadrada.

2.5.2.1.3. Plásticos

El plástico debe ser de mayor calibre o grueso de color negro.

2.5.2.1.4. Chinchas

Para unir el plástico a la madera.

2.5.2.1.5. Soportes

Ya sean sobre una superficie plana, mesas, caballetes realizados con madera o fierro para el soporte del contenedor.

2.5.3. LOCALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS "NFT" Y "RAIZ FLOTANTE"

El sistema de solución nutritiva recirculante puede ser establecido, ya sea, al aire libre como también bajo invernadero. Es recomendable que el invernadero en el cual se monte el sistema "NFT", se localice cercano a la fuente de agua y a la eléctrica. Además, es recomendable ubicarlo en un lugar protegido de vientos fuertes y en lo posible próximo a una casa habitación, para así contar con el resguardo de los materiales y productos existentes en el invernadero.

2.6. DIFERENCIAS

2.6.1. Similitudes entre hidropónico y orgánico

- Ayudan en la conservación del suelo y el agua
- Bajo daño ambiental
- Control natural de plagas
- Hidroponía utiliza químicos nobles
- Moderación en el uso de nutrientes
- Uso sostenible y apropiado del agua
- Cultivos saludables

Cuadro N° 2. Comparación de producción en suelo e hidropónico.

Orgánico	Hidropónico
Tierra y microorganismos	Sin tierra ni microorganismos
Solo minerales extraídos	Uso de sales «refinadas» ultra Solubles
Absorción nutrientes Lenta	Absorción más rápida
Mucha demanda mano obra	Poca especializada
Más área	Menos área
Productividad menor	Productividad mayor
Calidad superior en condiciones ideales(cambia)	Produce una calidad igual estandarizado (precisa)

Fuente: Quispe, 2012)

2.7. PREPARACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ALMÁCIGOS

La productividad de una planta estará predeterminada por el proceso de desarrollo que ésta haya seguido durante su germinación y crecimiento inicial y es por esta razón la importancia del almácigo o semillero.

2.7.1. Factores que intervienen en la germinación de la semilla

De una semilla certificada se puede esperar que el producto corresponda a las características especificadas en su envase y que aseguren el porcentaje de germinación indicado. La viabilidad que pueda mantener una semilla está determinada básicamente por las condiciones de almacenamiento de ésta, para lo cual se recomienda cerrar herméticamente el envase para evitar la absorción de humedad y el ataque de patógenos como bacterias, hongos o polillas. (Semillas tratadas con fungicida.) Algunas experiencias sugieren enjuagar o remojar previamente las semillas antes de la siembra para facilitar su germinación. (García, 2003).

2.8. CONDICIONES DE LA SIEMBRA

2.8.1. Forma de la semilla

Generalmente la siembra se realiza en línea, es decir, se colocan las semillas una detrás de otra de acuerdo al distanciamiento del cultivo. Aunque en espacios pequeños o recipientes individuales se recomienda distribuir homogéneamente las semillas y cubrirlas con una fina capa de sustrato. (FAO, 2002)

2.8.2. Profundidad de la siembra

La profundidad de la siembra es primordial en el caso de semillas muy pequeñas, por lo que

se sugiere sembrarlas casi superficialmente. Generalmente, la profundidad con que se siembra una semilla no deberse ser el doble del tamaño de ésta. (FAO, 2002)

2.9. CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES

2.9.1. Temperatura

Cada cultivo tiene una temperatura óptima de germinación. En algunos casos germinan bien en un rango relativamente amplio de temperaturas, y son aquellos que se pueden sembrar durante todo el año. El cultivo hidropónico al aire libre se realiza de acuerdo a la época de siembra del cultivo en algunas hortalizas pueden cultivarse fuera de estación bajo condiciones controladas (invernaderos.)(García, 2003).

2.9.2. Humedad

Una humedad estable es imprescindible para una buena germinación y posterior crecimiento de la plántula. El riego hay que hacerlo con pulverizadores o aspersores para no desplazar las semillas ni doblar los débiles tallos. Posteriormente, se dará inicio a un programa de riego ya sea manual o automático con una solución nutritiva. (García, 2003).

2.9.3. Luz

Algunas semillas necesitan luz para germinar, como las de lechuga, pero otras al contrario con luz germinan mal. En el caso de semillas que requieren oscuridad o son neutras, al principio puede colocarse en un lugar oscuro. (García, 2003).

2.10. SUSTRATO

Sustrato es todo material sólido que puede ser usado como reemplazo del suelo y sirve como medio de crecimiento de las plantas. La función principal del sustrato es permitir el

anclaje de las raíces y el soporte mecánico de la planta. El crecimiento de la raíz en sustrato es más rápido y vigoroso que en suelo. (Malca, 2001).

2.10.1. Materiales usados como sustratos

Muchos materiales pueden utilizarse como sustratos ya sea de origen mineral y de origen orgánico y a su vez se pueden presentar en forma natural, transformada o sintética. (Malca, 2001).

2.10.2. Materiales Inorgánicos

- Arena (fina, media, gruesa)
- Grava o piedra
- Cuarzo
- Piedra Pómez (roca volcánica)
- Perlita
- Lana de roca
- Arcilla expandida, etc.
- Cascarilla de arroz
- Fibra de coco
- Turba o musgo

2.10.3. Propiedades de los sustratos

- Alta capacidad de retención de agua
- Suficiente suministro de aire
- Adecuado tamaño de partículas, que permita un equilibrio agua-aire
- De baja densidad aparente (liviano)
- De estructura estable
- Baja salinidad
- Capacidad para mantener constante el pH

- Mínima velocidad de descomposición
- No debe liberar sustancias tóxicas para las plantas
- Fácil de mezclar
- Fácil de desinfectar
- Debe estar disponible
- Ser de bajo costo

2.11. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas de los sustratos dependen principalmente del tamaño de las partículas que lo constituyen. Un buen sustrato debe tener una mezcla de diferentes tamaños de partículas entre 0.2 mm – 2.0 mm que permita la disponibilidad de agua y aire adecuadas para conseguir un mejor desarrollo del cultivo. (Pineda, 2012)

2.12. PROPIEDADES QUÍMICAS

2.12.1. Salinidad

Se refiere a la concentración de las sales solubles presentes en la solución del sustrato. Debido al reducido volumen del medio de cultivo de que disponen las raíces de las plantas cultivadas en sustratos aumenta el riesgo de acumulación de niveles excesivos de sales disueltas. Para conocer los niveles de salinidad de un sustrato se mide la conductividad eléctrica. (Sonneveld y Urrestarazu, s.f)

2.12.2. pH

El pH afecta el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de nutrientes para ser absorbidos por las raíces. Valores de pH > 7.5 causan una menor disponibilidad de los iones de hierro, manganeso, cobre, zinc y boro. Valores de pH < 6.0 producen una menor solubilidad del fósforo, calcio y magnesio. (Robledo, 2010).

2.13. CARACTERISTICAS DEL CONTENEDOR

Los sustratos se colocan en contenedores, los cuales son forrados interiormente con polietileno de color negro, de 8 u 10 micras de espesor. Los contenedores con sustratos deben tener orificios o mangueras de drenaje para facilitar la salida del exceso de agua y evitar la asfixia radicular que limita el desarrollo de la planta y la puede hacer susceptible al ataque de patógenos; la profundidad puede fluctuar entre 15 a 20 cm. (FAO, 2000).

2.14. SOLUCIÓN NUTRITIVA

2.14.1. Solución concentrada A

- Nitrato de Potasio
- Fosfato mono amónico
- Nitrato de calcio
- Sulfato de magnesio

2.14.2. Solución concentrada B

- Micromix

Cuadro N° 3. Micronutrientes comerciales

Producto	ConMicros Standard	ConMicros Premium	ConMicros Light	Librel MixAL	Librel BMX	Micros Q	Queletec AZ	Micromix	Queatec	Rexolin CXK
	Allplant/Conplant			Ciba		Nutriplant	Tradecorp	Rigran	TCI	Yara
	Composición (Garantías en %)									
Boro	1.82	1.10	4.11	0.88	0.60	0.50	0.65	0.70	0.65	1.50
Cobre	1.82	1.10	4.11	1.70	0.30	0.07	2.30	0.30	0.28	0.50
Hierro	7.26	4.40	---	3.35	7.50	5.00	7.50	7.50	7.50	3.40
Manganeso	1.82	1.10	4.11	1.70	4.00	1.00	3.40	3.40	3.50	3.20
Molibdeno	0.36	0.22	0.82	0.02	0.20	0.08	0.10	0.10	0.30	0.05
Niquel	0.36	0.22	0.82	--	---	--	----	---	--	---
Zinc	0.37	0.44	1.64	0.60	0.50	0.40	0.60	0.60	0.70	4.20

Fuente: Furlani, 2000

2.15. 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 (CO₂); el hidrógeno (H) y el oxígeno (O₂) 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).

2.15.2. 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)

2.15.3. 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)

Cuadro N° 4. Deficiencia y toxicidad de los elementos esenciales

ELEMENTO	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
Nitrógeno	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 peciolo y las superficies de las hojas del maíz y del tomate pueden volverse púrpura.	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.
Fosforo	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.
Potasio	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.
Calcio	El desarrollo de los tallos suele inhibirse y los extremos de las raíces pueden morir, 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.

ELEMENTO	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
Boro	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.
Hierro	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.
Cobre	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.
Zinc	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.
Molibdeno	A menudo se desarrolla una clorosis entre las nervaduras, primero en las hojas más viejas y después de forma más progresiva, en las más jóvenes (semejante a la deficiencia de nitrógeno).A veces las hojas se ahuecan y aparecen quemaduras en los bordes.	Se observan raramente, las hojas d tomate se vuelven amarillo dorado.
Magnesio	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.

Fuente: Rodríguez, Hoyos y Chang, (2002)

2.15.8. Conductividad Eléctrica (CE)

El rango optimo es de 1.5 – 2.5 μ mhos/cm. o mS/cm.. (UNALM/2,010)

2.15.9. pH

Rango entre 5.5-6.5, en la cual los nutrientes están disponibles para la planta. Si el pH de la solución indica menos de 5.5 se debe agregar una base para elevar el pH y si es mayor a 6.5 se debe agregar un ácido para bajar el pH. (UNALM, 2010)

Cuadro N° 5. Cantidades de ácidos y bases para ajustar el pH

Compuesto	PM	Cantidad por litro	Concentración
Hidróxido de potasio (KOH)	56.09	56.09 gr	1N
Ácido clorhídrico 37 % (HCL)	36.47	82.83 ml	1N
Ácido fosfórico 85% (H ₃ PO ₄)	98.00	22.70 ml	1N
Ácido nítrico 65 % (HNO ₃)	63.00	69.23ml	1N
Ácido sulfúrico 85% (H ₂ SO ₄)	98.00	31.36 ml	1N

Fuente: Rodríguez, Hoyos y Chang (2007)

2.16. LA SOLUCIÓN NUTRITIVA Y CALIDAD DE AGUA

Para preparar la solución nutritiva se debe tener en cuenta la concentración de nutrientes en el agua de riego. Generalmente el agua contiene calcio, magnesio, sulfato y boro, los cuales deberán tenerse en cuenta al formular la solución nutritiva. También el agua contiene sodio y cloro que, en cantidades altas aumentan la salinidad del agua. (UNALM, 2010).

2.17. DURACIÓN Y RENOVACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

El volumen de la solución nutritiva en el tanque debe mantenerse constante. A mayor volumen menor serán las variaciones en la concentración de la solución nutritiva. Asimismo el volumen de agua consumida y evapotranspirada debe ser repuesto diariamente, principalmente en época de verano. Los ajustes que se hagan a la solución

nutritiva n cuanto a CE., pH y el nivel de agua son tan importantes como mantener limpia y en oscuridad la solución nutritiva, lo que aumentará su vida útil. La solución nutritiva en el tanque debe renovarse totalmente cada 2 (en el verano) o 3 (en el invierno) semanas cuando no se realizan análisis periódicos de la misma y todas las plantas son de la misma edad. (Chávez et. al 2006).

2.18. CUIDADOS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

2.18.1. Aireación

En este sistema la circulación de la solución nutritiva puede ser continua o periódica lo que facilita su oxigenación natural. Así mismo, es importante que la solución nutritiva que retorna el tanque a través de la tubería recolectora tenga una cierta altura de caída para crear turbulencia, lo que favorece una mejor oxigenación.

2.18.2. Temperatura

La temperatura de la solución nutritiva no debe pasar los 25°C ya que podría ocasionar daños en la planta.

2.18.3. Luz

La solución nutritiva debe ser protegida de la luz para evitar al desarrollo de las algas, compiten con las plantas por los nutrientes y el oxígeno. Tanto los canales de cultivo, tanque y el vertedero debe protegerse de los rayos solares.

2.19. AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO

Por la alta frecuencia de riego (hasta 5 veces por día, todos los días) empleada en los cultivos sin suelo, es preciso contar con algún nivel de automatización. Esta puede

realizarse por tres métodos: por tiempos, por volúmenes y mediante una computadora de riego. (Martínez et. al 2010).

2.20. PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS HIDROPONICOS

Según Furlani (1997) las enfermedades más importantes que ocurren en las plantas están relacionadas a las raíces, una vez que los patógenos se han introducido en el sistema, pueden ser favorecidos por:

- Uniformidad genética
- Proximidad entre plantas que facilitan el contacto entre tejidos sanos y enfermos
- Fácil y rápida diseminación de los patógenos por circulación de la solución nutritiva.
- Temperatura y humedad más constantes para el crecimiento de los patógenos.
- Propagación de los patógenos.

Según Uribe, (2001), existen muy pocos patógenos asociados al crecimiento de las plantas en hidroponía en comparación con el sistema tradicional de cultivo, donde las enfermedades causadas por los géneros y las especies son numerosas. En literatura están descritas 4 virus (virus de la gran vena en lechuga, virus de la mancha necrótica del melón, virus del mosaico del tomate y virus del moteado verde del pepino), dos bacterias (*Clavibacter michiganenses* y *Xantomomas solanacearum*) en Italia alrededor de 20 enfermedades causadas por hongos. De estos solamente pocos géneros han sido responsables de las pérdidas económicas importantes.

Sin embargo la literatura ha demostrado que la hidroponía puede resultar en una presión selectiva a la ocurrencia de nuevos patógenos, adaptados extremadamente a esta condición y no encontrados en sistemas de cultivo tradicionales. Algunos patógenos considerados secundarios en el campo, pueden adquirir niveles epidémicos en hidroponía, como *Pythium dissotocum* en lechuga, en los Estados Unidos y Italia, *Cercospora* sp. Lechuga en el Brasil. (Rodríguez, Hoyos y Chang ,2002).

2.20.1. Plagas

- Pulgón Aphis spp
- Chicharita Empoasca spp
- Falso medidor Trichoplusia ni.
- Cenicilla polvorienta Bremia lactuacae
- Muerte por sclerotinia Sclerotinia minor
- Pudrición por Rhizoctonia solani
- Pudrición gris Botrytis cinérea
- Mosaico de la lechuga

2.20.2. Enfermedades fisiológicas

- Floración prematura.
- Altas temperaturas
- Bordes quemados de las hojas (tip burn). Altas temperaturas con stress de agua (desbalance entre transpiración y a absorción de agua)
- Nervadura central café (Brown rib). Altas temperaturas y humedad ambiental (lluvia) poco antes de la cosecha.
- Falta de oxigenación produce fermentación y como resultado la pudrición de las raíces originada por la aparición de microorganismos
- Uso de malla sombra inadecuada (malla sombra 80% genera poca luminosidad, poca fotosíntesis y cambio de fotoperiodo). La más adecuada una malla sombra de 40% – 50%.

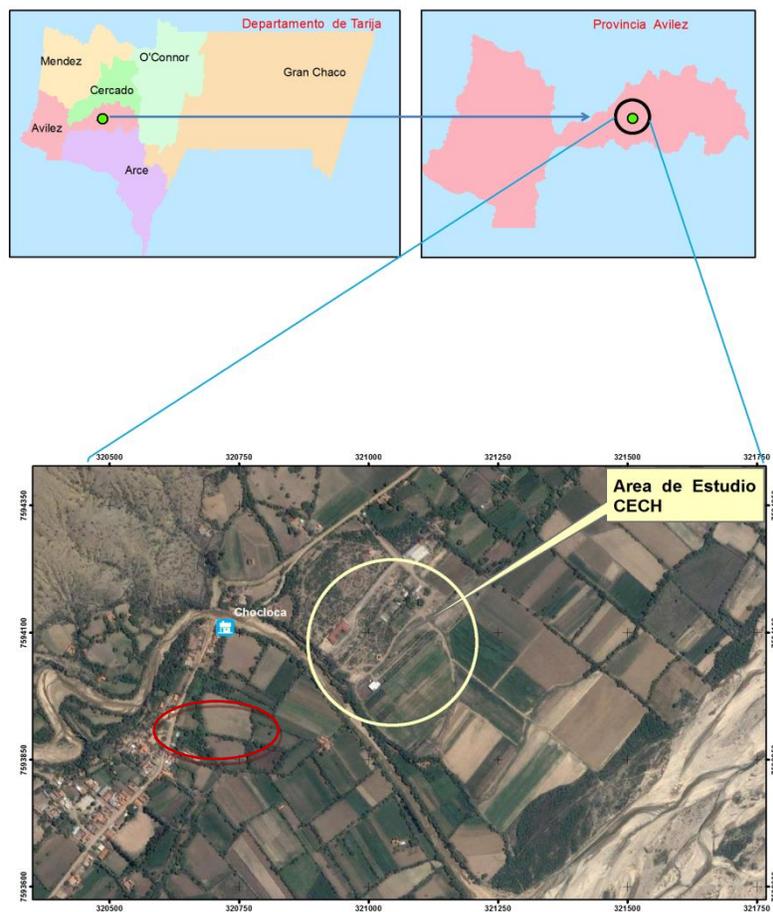
MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Experimentación Chocloca (CECH) perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, encontrándose distante a 44 Km de la ciudad de Tarija en la provincia Avilés.

Ubicada a $64^{\circ}43'46''$ de longitud Oeste y $21^{\circ}44'53''$ de latitud Sud, a una altitud promedio de 1796 m.s.n.m.; limitado al Noreste con la carretera vecinal, al sureste con la quebrada Huayco, al Este con propiedades privadas y al Sureste con el Rio Camacho.

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO



3.1.2. Condiciones climáticas del “CECH”

La zona se caracteriza por tener un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la cordillera oriental (valle central de Tarija, valle de concepción, Padcaya, San Lorenzo), con temperaturas medias anuales de 13°C y 18 °C. (ZONIZIG, 2000). Las condiciones climáticas de la comunidad de Chocloca donde se realizó el presente trabajo, cuenta con una precipitación anual de 657,8 mm, una temperatura media de 25.9 °C, una temperatura mínima media de 9.7°C; una humedad relativa de 68% los vientos de dirección de 14.4 Km/Hora.

Cuadro N° 5. Resumen climatológico

Periodo considerado: 1992-2010														
Estación: CHOCLOCA										Latitud: 21°44'53"				
Provincia: AVILEZ										Longitud: 64°43'46"				
Departamento: TARIJA										Altura:1795 m.s.n.m				
Índice	U	EN	FEB	MAR	AB	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUA
Temp. Max Media	C	27,2	26,7	26	25,5	24,3	25,2	24,1	25,5	25,8	26,9	26,4	27,2	25,9
Temp. Min Media	C	15,1	14,1	13,8	10,8	5,9	2,5	2,2	4,6	7,3	11,8	13,4	14,5	9,7
Temp. Media	C	21,1	20,4	19,9	18,2	15,1	13,8	13,2	15	16,5	19,3	19,9	20,9	17,8
Temp. Max Extr.	C	35	35	35	36	34	35	36	37	37	37,5	39,5	37	36,2
Temp. Min Extr.	C	10	6	6	1	-4	-7	-8,5	-5,5	-4	3	4	4	0,4
Días con helada		0	0	0	0	4	10	10	4	2	0	0	0	2,5
Humed. Relativa	%	71	75	76	72	67	61	61	61	60	66	71	71	67,7
Nubosidad Media	Octa	5	5	5	4	3	2	2	2	3	4	5	5	3,8
Insolación Media	Hrs	5,9	6,8	5,1	6,4	6,6	7,2	7,5	8,1	7,2	6,5	6,8	6,1	6,7
Evap. Media	mm/día	5,06	4,8	4,37	3,46	3,03	2,89	3,15	4,13	4,91	4,76	5,21	5,29	4,3
Precipitación	mm	136,4	106,7	108,5	28,8	4,3	1,2	1,3	4,7	13,9	52,7	83,7	115,6	54,8
Pp. Max. Diaria	mm	165	59	63	27,5	16,8	9,5	16,2	21	66	66,5	57,7	55	51,9
Días con lluvia		11	10	10	4	1	0	0	1	2	6	9	10	5,3
Velocidad del viento	Km/Hr	6,7	7,2	6,8	7,1	8,1	8,1	8,9	8,7	9,3	9,1	7,8	7,1	7,9
Dirección del viento		E	E	E	NE	S	N	N	N	E	E	E	E	E

Fuente: SENHAMI, 1992

Cuadro N° 6. Resumen climatológico Gestión 2014

CONTROL DEL TIEMPO DE MEDIO AÑO DEL "CECH" 2014			
Mes	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Precipitación
Julio	1,13	26,16	0,00
Agosto	5,39	27,85	0,00
Septiembre	9,63	28,83	0,85
Octubre	11,66	28,44	3,05
Noviembre	11,17	27,60	4,85
Diciembre	12,61	29,13	1,11
Total	8,60	28,00	1,64

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Características edafoclimáticas

Pertenece a la sub-formación de los valles Meso térmicos o montes de valle que corresponde a todo el valle de Tarija, excluyendo las rinconadas de la Victoria, Erquis, Coimata y Región de los Pinos. Tiene clima templado cálido semi seco, con veranos fuertes, otoños e inviernos influenciados temporalmente por vientos helados que soplan del sur (surazos).

3.1.4. Suelo

Presenta suelos de origen aluvial, varia moderadamente de liviano a medio y pesado, de moderadamente profundos a profundos.

3.1.5. Vegetación de la zona

La vegetación natural está compuesta por especies arbóreas distribuidas a lo largo de la cuenca del Río Camacho, con generos representativos de Prosopis, Geoffroea, Acacia. Shinus y vegetación arbustiva con los generos de Baccharis, Vassobia, Coniza. (Ramírez 2005)

La vegetación herbácea acentuada en épocas de lluvia (Noviembre – Marzo) representada por diferentes generos de dicotiledóneas y gramíneas (Cydodon Dactilon, Eragrostis, Botelova, Setaria, Paspalum, Pappophorum, Digitalia, Echinochloa y otras del valle. (2005)

3.1.6. Hidrografía

Hidrográficamente el C.E.C.H. se ubica en el sector de afluentes directos a la cuenca del río Camacho, ubicado en el margen izquierdo de la subcuenta de la quebrada el Huayco, las mismas que son parte de la cuenca del valle central de Tarija.

3.1.7. Precipitación

La precipitación media anual es de 450 a 580 mm de acuerdo a la frecuencia de la precipitación de la zona, se puede diferenciar dos fases durante el año.

3.1.8. Fase seca

A esta fase corresponde los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y parte de Octubre, el resto de los meses comprende las fases de la lluvia, el mes de Julio tienen una precipitación mínima del año. (SENAHMI, 2014)

3.1.9. Clima del departamento de Tarija

El departamento de Tarija tiene una extensión de 37.623 Km², que representa el 3.42% del territorio nacional. Está ubicado al extremo sur del estado plurinacional de Bolivia, entre

los 20°50' y 22°50' de latitud sur entre el 62°15 y 65°20 de longitud oeste. Limita al Norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con la República de Argentina, al este con la República de Paraguay y al oeste con los departamentos de Chuquisaca y Potosí. Políticamente, el departamento de Tarija se divide en seis provincias: Méndez, Cercado, O'Connor, Arce, Gran Chaco y Avilés 11 secciones municipales y 184 cantones. Administrativamente cuenta con una prefectura, 9 subprefecturas y 11 alcaldías.

3.1.10. Calidad de agua del depósito

Según el análisis realizado en el laboratorio de aguas del Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANIT) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, dieron como resultado la clase C1-S1; que significa que el agua puede usarse como riego en la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo. (CEANID, 2015)

3.2. MATERIALES

3.2.1. Material Biológico

El material que se utilizó en la investigación fueron tres variedades de lechuga Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston.

3.2.2. Material de Construcción del sistema hidropónico NFT y raíz flotante

Los materiales que se utilizaron para realización de la presente investigación fueron los siguientes:

- Polietileno 30 cm
- Cable # 10
- Pegamento PVC
- Tapones de 4"
- Foco de 85 W
- Soquet plato

- Rele térmico
- Caja de arranque
- Válvula de pie
- Rollos de corrugado plástico
- Reducción de 2"
- Reducción de 1a1/2"
- Reducción de 1"
- Grida
- Tapas de 2"
- Vasos desechables de 90 cc
- Tee 1/2"
- Codo de 1/2"
- Niples de 1/2"
- Reducción cupla 1/2"
- Cautión
- Politubo de 1/2"
- Sella rosca
- Bomba de agua
- Temporizador digital
- Tubo de 2"
- Lija
- tarro de pega tubo
- Cinta adhesiva
- Fierro corrugado de 1/2"
- Canastillo mediano
- Clavija
- Badilejo
- Tarro de pintura
- Teflón
- Llave de paso de plástico 1/2"

- Llave de paso de aluminio de ½”
- Precintas
- Tapón de ¾”
- Tapón de 1”
- Fierro corrugado ½”
- Fierro corrugado de 3/8”
- Tee de 2”
- Alveolos
- Esponja de 2 cm
- Tarraja de ½”
- Hojas Nicholsón
- Taladro pequeño
- Juego de brocas
- Marco de sierra

3.2.3. Material de laboratorio

- Análisis de agua cationes , aniones, pH y conductividad
- Balanza
- Frascos de plástico
- Baldes de 10 L
- pH metro
- Conductímetro
- Servilleta
- Cajas petri
- Jarra de plástico ½ L
- Rollo de aluminio
- Bandejas
- Tapper
- Fumigadora de 2 L

- Sales minerales mix

3.2.4. Material de campo

- Cuaderno de registro
- Pala
- Pico
- Barreta
- Bolsa de cemento
- Flexo metro
- Wincha
- Máquina de soldar
- Cisel
- Rastrillo
- Marcadores
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Martillo
- Guantes
- Cocina

3.2.5. Material de escritorio

- Computadora
- Lápiz
- Cuaderno
- Hojas
- Calculadora

3.3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO

Por los cambios meteorológicos el viento elevó el agrofil de invernadero y el sistema raíz flotante sufrió la pérdida total de las parcelas y no se podrá cumplir los objetivos planteados solo se evaluará el peso inicial de los dos sistemas con los parámetros mencionados con el nombre de **Tratamiento 1**.

Paralelamente se continuó investigando el segundo factor en estudio realizando un nuevo diseño estadístico; denominado como **Tratamiento 2**.

3.3.1. Factor 1

En la presente investigación se consideró dos factores, el A y el B; el factor A contiene dos sistemas de riego y el Factor B Tres variedades de lechuga, que hacen un total de seis tratamientos.

3.3.1.1. Descripción de los factores

Factor A: Tipos de sistemas de riego hidropónico

A1: Sistema de riego raíz flotante

A2: Sistema de riego recirculante

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

B1: White Boston

B2: Great Lakes

B3: Grand Rapids Tb

3.3.2. Factor 2

En la presente investigación se consideró dos factores, el A y el B; el factor A contiene un sistema de riego y el Factor B Tres variedades de lechuga, que hacen un total de 3 tratamientos

3.3.2.1. Descripción de los factores

Factor A: Tipos de sistemas de riego hidropónico

A2: Sistema de riego recirculante

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

B1: White Boston

B2: Great Lakes

B3: Grand Rapids Tb

3.3.3. Descripción de los 3 tratamientos

3.3.3.1. Codificación y descripción 1

En el cuadro 9, presenta la descripción de los tres tratamientos evaluados producto de la combinación de los factores, tipos de sistemas de riego y variedad de lechuga, solo para evaluar los pesos iniciales de los 6 tratamientos y dos sistemas.

Cuadro 9. Codificación y descripción del tratamiento 1

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	A1B1	Lechuga variedad White Bostón en el sistema raiz flotante
	A1B2	Lechuga variedad Great Lakes en el sistema raiz flotante
2	A1B3	Lechuga variedad Grand Rapids Tbr en el sistema raiz flotante
	A2B1	Lechuga variedad White Bostón en el sistema recirculante
3	A2B2	Lechuga variedad Great Lakes en el sistema recirculante
	A2B3	Lechuga variedad Grand Rapids Tbr en el sistema recirculante

Fuente: ⁴Elaboración propia

3.3.3.2. Codificación y descripción 2

En el cuadro 10, presenta la descripción de los tres tratamientos evaluados producto de la combinación del factor sistema de riego y variedad de lechuga, de los 3 tratamientos y sistemas hidropónico.

Cuadro 10. Codificación y descripción de los tratamientos 2

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	A2B1	Lechuga variedad White Bostón en el sistema recirculante
2	A2B2	Lechuga variedad Great Lakes en el sistema recirculante
3	A2B3	Lechuga variedad Grand Rapids Tbr en el sistema recirculante

Fuente: Elaboración propia

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1. Tratamiento 1

Para efectuar la presente investigación se utilizó el diseño estadístico con arreglo factorial $A \times B$ para evaluar la variable respuesta del peso inicial de los seis tratamientos con los dos sistemas hidropónicos.

El tamaño de la unidad experimental del sistema hidropónico "NFT" fue de 37.28m^2 con una producción de 702 plantas de lechugas y el área para la unidad experimental del sistema hidropónico de raíz flotante fue de 5.82m^2 con una producción de 171 plantas de lechugas y el área total de todo el ensayo fue de 105m^2 . Los datos obtenidos a partir de este ensayo fueron evaluados e interpretados a través de una Prueba Estadística de Fisher (0.05%), una vez que se corroboró la normalidad de los datos.

3.4.2. Tratamiento 2

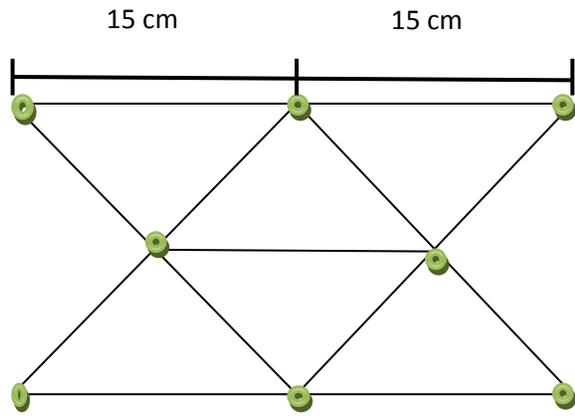
Para efectuar la presente investigación del tratamiento 2 se utilizó el diseño completamente aleatorio, con tres tratamientos y tres réplicas, bajo ambiente semi controlado.

El tamaño de la unidad experimental del sistema hidropónico "NFT" fue de 37.28m^2 con una producción de 702 plantas de lechugas y el área total de todo el ensayo fue de 105m^2 . Los datos obtenidos a partir de este ensayo fueron evaluados e interpretados a través de una Prueba Estadística de Fisher (0.05%), una vez que se corroboró la normalidad de los datos.

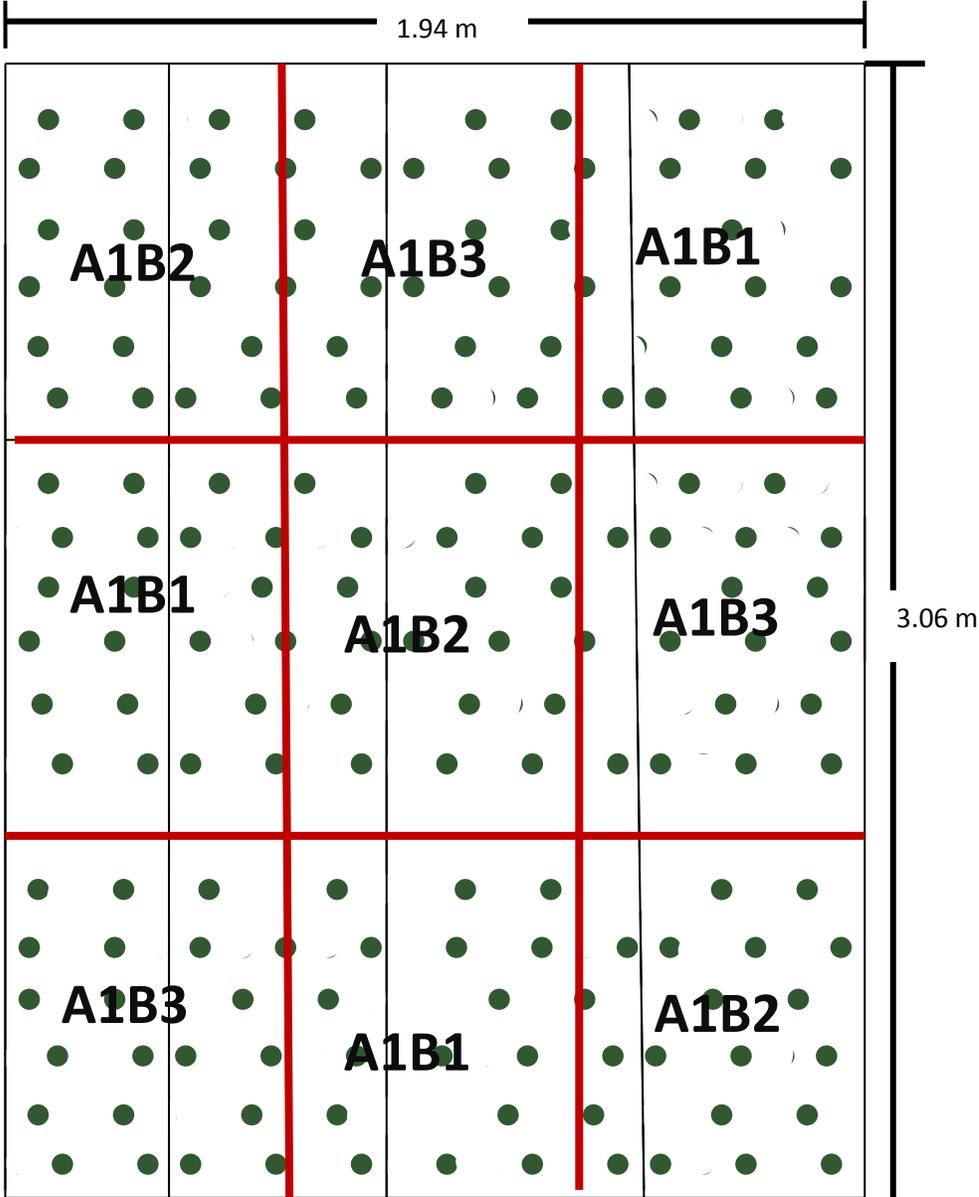
3.4.1. DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL RAIZ CIRCULANTE

Para el sistema NFT el tamaño de la unidad experimental es de 4.66 m ancho y 8 m largo con 702 unidades de lechugas con 20 cm de distancia de planta a planta.

Croquis N° 1. Distancia entre los centros del sistema Raíz Flotante



Croquis N° 2 Sistema raíz flotante



3.4.2. DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL RAIZ CIRCULANTE

Para el sistema NFT el tamaño de la unidad experimental es de 4.66 m ancho y 8 m largo con 702 unidades de lechugas con 20 cm de distancia de planta a planta.

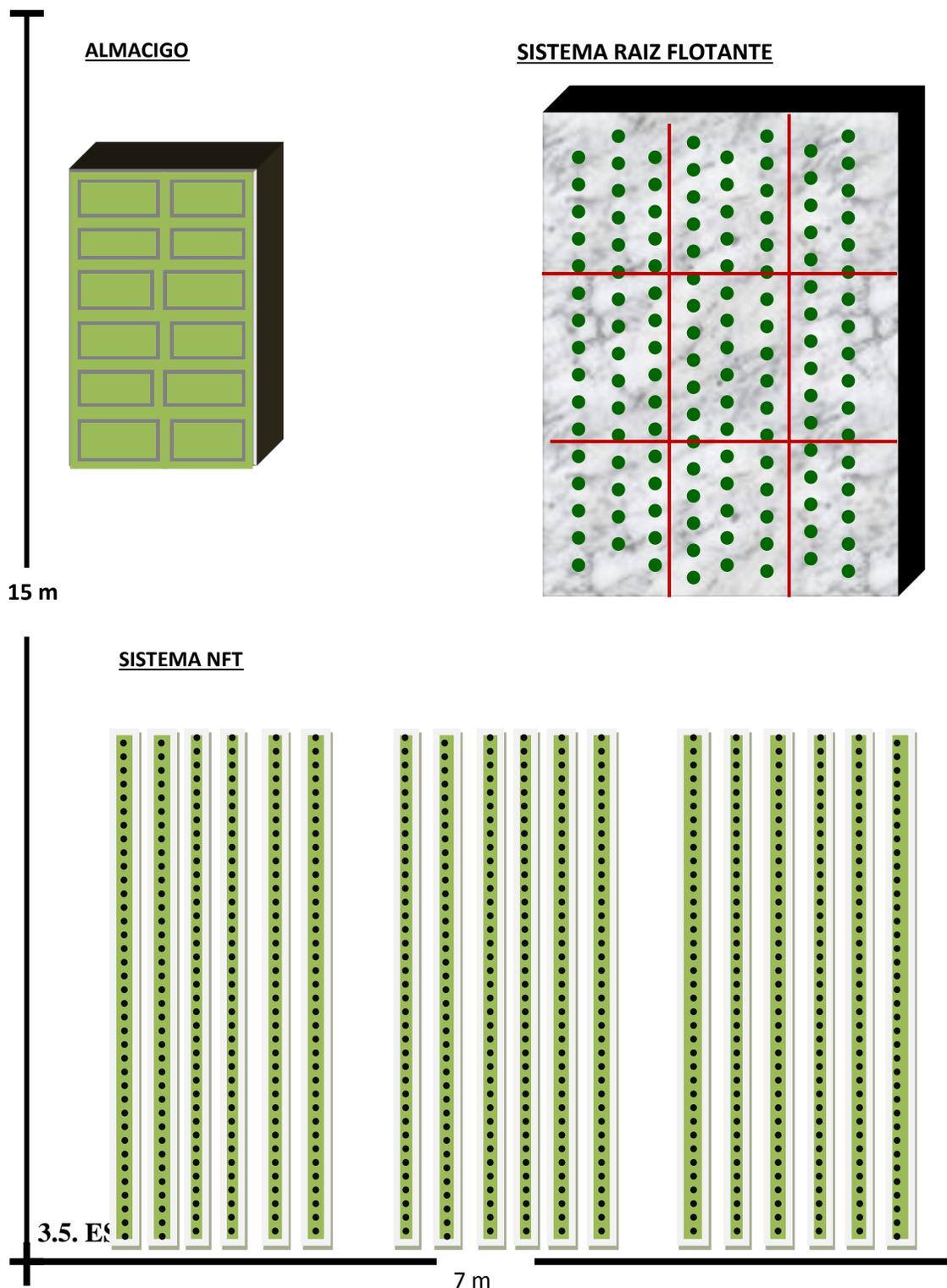
Croquis N° 3 Sistema recirculante



3.4.3. DETALLE TOTAL DE TODO EL ENSAYO

El área total para la producción de 873 plantas de lechuga en todo el ensayo fue de 7m de ancho y 15 m de largo, haciendo una superficie útil de 420 m².

Croquis N° 3. Unidad experimental del sistema hidropónico



3.5. ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO

3.5.1. Restauración y limpieza del área

El 15 de Septiembre del 2015 se realizó la limpieza del invernadero a la misma vez de niveló la superficie donde se armó los sistemas, con ayuda de una cinta métrica la superficie total y posteriormente al pintado de las estructuras metálicas.



Figura N° 1. Área destinada a los sistemas hidropónicos

3.5.2. Nivelado y pintado de las estructuras del área

En la figura 2 se observa la limpieza del área y el pintado de las estructuras del invernadero.



Figura N° 2. Nivelado del área y pintado de las estructuras del invernadero

3.5.3. Cubrimiento del invernadero con malla sombra

Se cubrió los laterales y por encima del invernadero uniendo las partes con hilo cáñamo.



Figura N° 3. Cubrimiento con malla sombra el invernadero

3.5.4. Armado del sistema raíz flotante

Se procedió a clavar las maderas de acorde a las dimensiones de las mesadas tanto para el área de crecimiento y área de etapa final.



Figura N° 4. Armado del contenedor

3.5.5. Cubrimiento del contenedor

Para impermeabilizar el contenedor se usó un plástico negro de mayor micraje para evitar las goteras o pérdida de los nutrientes.



Figura N° 5. Cubrimiento del contenedor

3.5.6. Diseño y perforación del plastaformo

Se realizó el sistema los orificios al plastaformo con ayuda de un cilindro galvanizado de 2'' caliente.



Figura N° 6. Marcado de los orificios al plastaformo

3.5.7. Colocación de los plastafores al contenedor

En la figura 7 se colocó los plastafores dentro del contenedor.

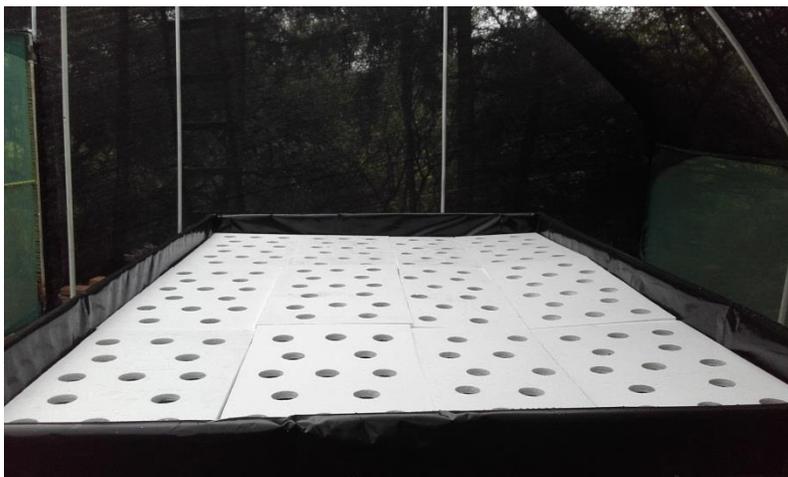


Figura N° 7. Colocación de los plastafores al contenedor

3.6. ARMADO DEL SISTEMA RE CIRCULANTE

3.6.1. Cortado de los fierros

De acuerdo a las dimensiones del invernadero se diseñó el sistema NFT y se cortó el fierro corrugado con ayuda de un cisel tomando en cuenta el número de tubos para poder realizar los caballetes diseñados estadísticamente.



Figura N° 8. Cortado del fierro corrugado

3.6.2. Material listo para el armado de los caballetes

Realizamos los cortes de los fierros corrugados para el respectivo armado de los caballetes.



Figura N° 9. Material listo para el armado de los caballetes

3.6.3. Soldado de los fierros

Se usó una máquina de soldar, sujeta-electrodos con cable, pinza de masa con cable, electrodos y metal para ser soldado y un martillo de herrero para quitar los residuos de metal y un cepillo metálico para limpiar la soldadura.



Figura N°10. Soldado de los caballetes con fierro corrugado de 3/4"

3.6.4. Caballetes armados

Finalmente los caballetes listos para ser pintados con pintura blanca para evitar la oxidación de los mismos y aprovechando los caballetes se buscó un lugar adecuado para que usemos como sostén de las tuberías y para realizar la respectiva marcación y perforación de los orificios de 2" a 20 cm de distancia con ayuda de un taladro con broca de 2".



Figura N° 11. Caballetes armados

3.6.5 Trazado, alineación y replanteo de los caballetes

Se realizó el trabajo en campo tomando el nivel con pendiente mínima tratando de armar un cimiento a base de concreto simple para construir los muros perimetrales para soportar los caballetes.



Figura N°12. Trazado, alineación y replanteo de los caballetes

3.6.6. Cortado y colocado de nylon en los Tubos PVC

En la figura 13 se colocó un nylon negro por dentro de las tuberías para evitar la presencia de las algas.



Figura N° 13. Colocado del nylon a las tuberías

3.6.7. Circulación de agua por las tuberías

Posteriormente hacemos las excavaciones de las tuberías de distribución para el desagüe de la solución nutritiva al tanque de almacenamiento, uniendo la manguera de $\frac{3}{4}$ de diámetro



Figura N° 14. Circulación de agua por las tuberías

3.6.8. Cortado de las tuberías de circulación

En la figura 15 se realizó el cortado de las tuberías con una tijera corta tubo y posteriormente se sacó rosca a las tuberías.



Figura N°15. Equipo para el armado de tuberías de entrada y salida

3.6.9. Armado de las tuberías de entrada y salida

En la figura 16 se armó las tuberías de circulación de acorde al diseño de las bancadas del sistema hidropónico.



Figura N° 16. Armado de las tuberías de entrada

3.6.10. Perforación de vasos desechables

En la base del vaso se realiza un agujero que permita el paso de la raíz de la planta, para ambos sistemas con ayuda de un caudón.



Figura N°17. Perforación de los vasos de 1 onza

3.6.11. Tanque

El tanque colector se utiliza para almacenar la solución nutritiva a través del período de cultivo, así mismo funciona incorporando el sistema de la tubería de aporte de agua exterior.



Figura N°18. Tanque colector

3.6.12. Tubería de desagüe



Figura N° 19. Tubería de desagüe

3.6.13. Bomba de agua

Se conecta la bomba de impulsión correspondiente ya que es uno de los componentes claves del sistema, el cual se encarga de impulsar permanentemente la solución nutritiva, del tanque colector, hasta la parte alta de los canales de cultivo.



Figura N° 20. Conexión de la bomba de agua

3.6.14. Sistema eléctrico y programación

El sistema eléctrico del invernadero no solo provee electricidad a los distintos componentes, sino también posibilita programar los turnos de encendido de la bomba para evitar el uso de mano de obra. En esta oportunidad se utilizó el timers analógico marca Sica (S.A.I.C.) de origen Argentino, ya que es relativamente económico y confiable, y desempeña bien la función se realiza.



Figura N° 21. Programador de riego automático

3.7. PREPARACION DEL ALMACIGOS PARA EL SISTEMA HIDROPONICO RAIZ FLOTANTE Y RECIRCULANTE

3.7.1. Prueba de germinación

Antes de realizar la prueba de germinación y almacigo se remojo la semilla con agua para quitar el fungicida, para facilitar su germinación y seleccionar la uniformidad de la semilla. La prueba se realizó el 15 de agosto del 2015, colocando las 100 semillas en la caja petri para verificar la hermeticidad y el grado de germinación de las variedades de lechuga. Pasados los siete días la variedad Grand Rapids Tbr germina un 95%; Great Lakes 19%; Write Boston 35%.



Figura N° 22. Prueba de germinación

Pasados los siete días la variedad Grand Rapids Tbr germina un 95%; Great Lakes 19%; Write Boston 35%.

3.7.2. Almacigo

El almacigo de las tres variedades de lechuga se realizó el 27 de Septiembre del 2015, en el invernadero de aclimatación, en cajas de madera forrado con nylón negro con un orificio en la parte superior. Se usó el sustrato preparado y esterilizado del CECH. Luego se niveló el sustrato abriendo los surcos tres veces mayor al diámetro de la semilla, la cual se sembró a chorro continuo, cubriendo con una capa delgada del mismo sustrato. Inmediatamente se regó suavemente, tapándose con papel o malla para mantener la humedad, regando diariamente solo con agua para mantener húmedo el sustrato, hasta la germinación y emergencia de las plantas.



Figura N° 23. Día 1 del almacigo

3.7.3. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

El balance nutricional y la preparación de la solución nutritiva para el ciclo fenológico de la lechuga se realizó de acuerdo a la formulación de la universidad Peruana La Molina.

Cuadro N° 9. Balance nutricional para el cultivo de lechuga

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Bo	Zn	Cu	Mo
UNALM 2004	240	36	240	130	45	61	1.0	0.5	0.5	0.15	0.15	0.01

Fuente: Rodríguez, 2009

Los fertilizantes que se emplearon para la preparación de la solución nutritiva son los siguientes:

Cuadro N° 10. Composición de las sales nutritivas

MACRONUTRIENTES	
Compuesto	Composición
Nitrato de potasio	13.5% N, 45% K ₂ O
Fosfato monoamonico	12%N, 60% P ₂ O ₅
Nitrato de amonio	33% N
Nitrato de calcio	15.5% N, 9% CaO
Sulfato de magnesio	16% Mg, 13%S
MICRONUTRIENTES	
Micromix (Fe*, Mn*, B, Zn*, Mo y Co)	

Fuente: Cadahia 2005

3.7.4. Balanza analítica

Se realizó el tarado de la balanza analítica con cuatro decimales para pesar las sales.



Figura N° 24. Tarado de la balanza analítica

3.7.5. pH y conductividad

Para los dos sistemas hidropónicos se midió la cantidad de agua, por separado para el sistema recirculante se dosifico en el tanque de agua y para el sistema raíz flotante se calculo el área del contenedor. Según bibliografías, se mide el pH de agua si esta en los rangos adecuados 5.5 – 6.7 de pH.

El agua que se utilizo tenía un pH de 6.98 el mismo que se bajo con acido fosfórico, hasta los rangos recomendados. Una vez ya mezclada ambas soluciones se mide la conductividad eléctrica con un conductímetro para verificar si la solución nutritiva esta en los rangos recomendados.



Figura N° 25. Detalle de las mediciones de pH y conductividad

3.8. PREPARACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA PARA EL SISTEMA RECIRCULANTE Y RAIZ FLOTANTE

3.8.1. Concentración media

Después de los 7 días de almacigo se preparó la solución nutritiva para regar el almacigo, se preparó en 10 litros de agua solo con la mitad de las sales los cuales solamente el 75% del total del agua (7.5 litros) debe ser preparada con la solución de los nutrientes. Los componentes y la proporción de los mismos en la solución se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 11. Concentración media de Solución nutritiva

Para 10 L de agua	
Solución Concentrada A	
(NO₃)₂Ca	1.39 gr
KNO₃	1.58 gr
SO₄Mg	1.00 gr
NH₄ NO₃	0.20 gr
NH₄ HPO₄	0.35 gr
Solución Concentrada B	
micronutriente	0.07 gr

Fuente: elaboración propia

Al aparecer la primera hoja verdadera se inicia el riego con la media concentración de la solución nutritiva durante siete días. (Figura N° 23)



Figura N° 26. Plántulas cumpliendo los 7 días

3.8.2. Concentración completa

Del 4 al 11 de octubre del 2015, se inició el riego del almacigo usando la concentración completa.

Cuadro N° 12. Concentración completa de la solución nutritiva

Para 10 L de agua	
Solución Concentrada A	
(NO₃)₂Ca	2.79 gr
KNO₃	3.16 gr
SO₄Mg	2.00 gr
NH₄ NO₃	0.40gr
NH₄ HPO₄	0.69 gr
Solución Concentrada B	
micronutriente	0.15 gr

Fuente: propia

Después de las dos semanas de almacigo se realizar el primer transplante o post almacigo, de las cuales se realizó el transplante de las plántulas más vigorosas; para ambos sistemas es el mismo procedimiento.

3.9. PRIMER TRANSPLANTE O POST ALMACIGO PARA LOS DOS SISTEMAS RAIZ FLOTANTE Y RECIRCULANTE

El primer transplante o post almacigo de las tres variedades se realizó el 11 de Octubre del 2015, a los 15 días después de la siembra, consistió en que los plantines de lechuga se encuentran con un tamaño de hojas y raíces adecuadas para realizar el transplante.



Figura N° 27. Selección de las plántulas

En dos recipientes de plástico ambos con agua hasta la mitad, se lavan las raíces de las plántulas y se eliminan los restos del sustrato de las raíces. (Ver figura 27)



Figura N° 28. Recipientes de plástico

Una vez terminada esta labor se llevan las plántulas a la bandeja hidropónica con un trozo de esponja a la altura del cuello y se colocan dentro de los alveolos. (Ver fig.28)



Figura N° 29. Transplante de las plántulas a los alveolos

En esta fase las variedades permanecieron 3 semanas. Con frecuencia se agito el agua de la bandeja de cultivo tres veces al día para poder oxigenar las raíces y de esta manera poder tener un buen desarrollo de la lechuga.



Figura N° 30. Plántulas listas para el transplante definitivo

Se controló la temperatura del agua con frecuencia ya que el calor fermenta la solución nutritiva. El mismo proceso se realizó para los dos sistemas hidropónicos.

3.10. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA EL TRANSPLANTE DEFINITIVO DE LOS DOS SISTEMAS

3.10.1. El sistema recirculante

La preparación de la solución nutritiva para el cultivo de lechuga se realizó de acuerdo a la disponibilidad de fertilizantes comerciales que se disponen en el mercado.

Terminado el pesado de los fertilizantes en las cantidades requeridas se procede a la preparación de la solución nutritiva tanto los macro nutrientes como el micro nutriente en recipientes separados.

En un balde de 10 litros de capacidad se adiciona 5.0 litros de agua y se diluye uno por uno los macro nutrientes hasta que los componentes estén totalmente disueltos en el agua, en otro recipiente se adiciona un litro de agua y se diluyen los micronutrientes hasta disolverlos completamente.

Antes de mezclar en el tanque las dos concentraciones de los nutrientes, se controla el pH con un pHmetro portátil, se hace la lectura del agua que se tiene 6.98 de pH, seguidamente se procede a bajar el pH con un medio ácido (ácido fosfórico).

Una vez verificado el rango del agua del tanque, se mezclan las soluciones concentradas A y B; una por una hasta tener una mezcla homogénea en el tanque, y se realiza la medición de la conductividad eléctrica con un conductímetro, y nos da un valor de 809 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta lectura es adecuada y está en el rango; inmediatamente se prende la bomba para iniciar el movimiento y circulación de la solución nutritiva hacia los canales de cultivo, los canales ya están listos para realizar el transplante definitivo.

Cuadro N° 13. Cantidad de fertilizantes para 1000 litros de agua

Para 1000 L de agua	
Solución Concentrada A	
(NO₃)₂Ca	274 gr
KNO₃	316 gr
SO₄Mg	200 gr
NH₄ NO₃	40 gr
NH₄ HPO₄	69 gr
Solución Concentrada B	
micronutriente	15 gr

Fuente: Elaboración propia

3.10.2. El sistema raíz flotante

Terminado el pesado de los fertilizantes en las cantidades requeridas se procede a la preparación de la solución nutritiva tanto los macro nutrientes como el micro nutriente en recipientes separados.

De acuerdo a la autora Karen Palomillo se calculó la cantidad de agua que requerirá el cultivo del sistema raíz flotante donde nos dice que por cada m² de área del contenedor se adiciona 100 litros de agua. Y las dimensiones de 3.06m de largo y 1.94m de ancho, se calculó la cantidad de agua que se requería, siendo un total de 593 litros de agua. En un balde de 10 litros de capacidad se adiciona 5.0 litros de agua y se diluye uno por uno los macro nutrientes hasta que los componentes esté totalmente disuelto en el agua, en otro recipiente se adiciona un litro de agua y se diluyen los micronutrientes hasta disolverlos completamente.

Antes de mezclar en el contenedor las dos concentraciones de los nutrientes, se controla el pH con un peachimetro portátil, se hace la lectura del agua que se tiene 6.98 de pH, seguidamente se procede a bajar el pH con un medio ácido (ácido fosfórico).

Una vez verificado el rango del agua del contenedor, se mezclan las soluciones concentradas A y B; una por uno hasta tener una mezcla homogénea en el contenedor, y se

realiza la medición de la conductividad eléctrica con un conductivímetro, y nos da un valor de 809 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta lectura es adecuada y está en el rango.

Cuadro N° 14. Cantidad de fertilizantes para 593 litros de agua

Para 593 L de agua	
Solución Concentrada A	
$(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$	162 gr
KNO_3	187 gr
SO_4Mg	118 gr
$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	24 gr
$\text{NH}_4 \text{HPO}_4$	41 gr
Solución Concentrada B	
micronutriente	9 gr

Fuente: Elaboración propia

3.11. TRANSPLANTE DEFINITIVO DE LOS DOS SISTEMAS

3.11.1. Sistemas hidropónicos recirculante

En esta etapa las plántulas estarán en los canales de cultivo hasta la cosecha que dura aproximadamente 4 semanas se llevó a esta etapa el 11 de Octubre del 2015; cuando las variedades de lechuga ya tenían un tamaño y largo de las raíces adecuadas para que puedan salir a los tubos de PVC.

En un recipiente se seleccionaron las mejores plantas de la bandeja del primer transplante y se llevaron a los tubos de PVC en la cual las mismas se colocan en el vaso desechable con la base perforada, haciendo pasar las raíces con cuidado sin dañar por la perforación del vaso. Se coloca los vasos en los tubos PVC cuidando que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva. (Ver fig.33)



Figura N 31. Transplante definitivo de la lechuga en el sistema “NFT”

De acuerdo a las experiencias que se tuvo, se recomienda que el transplante definitivo se tenga que realizar preferentemente en la tarde, debido a que las plántulas al realizar el transplante definitivo son delicadas y se deshidratan rápidamente, cuando se realiza en la tarde las plántulas se aclimatan rápidamente en la noche.

3.11.2. Sistema hidropónico raíz flotante

En esta etapa las plántulas estarán en el contenedor hasta la cosecha que dura aproximadamente 4 semanas se llevo a esta etapa el 11 de Octubre del 2015; cuando las variedades de lechuga ya tenían un tamaño y largo de las raíces adecuadas para que puedan salir al contenedor.

En un recipiente se seleccionaron las mejores plantas de la bandeja del primer transplante y se llevaron al contenedor en la cual las mismas se colocan en el vaso desechable con la base perforada, haciendo pasar las raíces con cuidado sin dañar por la perforación del vaso. Se coloca los vasos en los orificios del plastafor cuidando que el orificio tenga el mismo tamaño que el vaso para que las plántulas estén soportadas y firmes. (Ver fig.32)



Figura N° 32. Transplante definitivo sistema raíz flotante

3.11.3. Proceso de aclimatación de las tres variedades de lechuga de los dos sistemas hidropónicos

3.11.3.1. Sistema re circulante

La bomba de agua se programa con un timer y reloj analítico, funcionando 1 hora y en descanso 1 hora durante 12 horas del día, de esta manera se oxigena adecuadamente la solución nutritiva que alimenta a las variedades de lechuga.

Durante el tiempo que permaneció el cultivo se controló semanalmente la conductividad eléctrica, de la misma forma el pH con la finalidad de mantener asimilables por las plantas., debido a que las plántulas al realizar el transplante definitivo son delicadas y se deshidratan rápidamente; cuando se realiza en la tarde las plántulas se aclimatan más rápidamente debido a que en la noche la temperatura es más fresca. (Ver fig.33)



Figura N ° 33. Proceso de aclimatación de las variedades de lechuga

3.11.3.2. Sistema raíz flotante

Se oxigena tres veces al día levantando los plastaflores y realizando movimientos circulares con la mano el agua del contenedor

Durante el tiempo que permaneció el cultivo se controló semanalmente la conductividad eléctrica, de la misma forma el pH con la finalidad de mantener asimilables por las plantas., debido a que las plántulas al realizar el transplante definitivo son delicadas y se deshidratan rápidamente; cuando se realiza en la tarde las plántulas se aclimatan más rápidamente debido a que en la noche la temperatura es más fresca.

3.11.4. Establecimiento de las tres variedades de lechuga bajo los dos sistemas hidropónico

Las labores culturales que se realizan en esta etapa se reducen a la eliminación de las primeras hojas con las que se transplanta. (Ver fig.34)



Figura N° 34 Establecimiento de las tres variedades de lechuga en los dos sistemas hidropónicos

3.12. Perdida del sistema raíz flotante

Por los cambios meteorológicos el viento elevó el agrofil de invernadero y el sistema raíz flotante sufrió la pérdida total de las parcelas.



Figura N° 35 Perdida del sistema raíz flotante

3.13. COSECHA

La cosecha de las tres variedades de lechuga del sistema NFT se realizó a los 70 días después del almacigo, las tres variedades se cosecharon el mismo día.



Figura N° 36. Cosecha

3.14. EVALUACIÓN

Durante la investigación se realizaron dos evaluaciones; en la etapa inicial y final del cultivo, considerando las repeticiones y tratamientos.

3.15. TRATAMIENTO DE POST-COSECHA

El tratamiento de post-cosecha que se realizó una vez cosechadas las lechugas para su posterior venta, consistió en descartar las hojas amarillas, seguidamente de deshojar para poder lavarlas en la solución desinfectante al 0.1% de hipoclorito de sodio, para empaquetarlas posteriormente y darles un valor agregado al producto final.

3.16. VARIABLE RESPUESTA

3.16.1. Peso de las plántulas iniciales de los dos sistemas

Se realizó el pesado de las plantas marcadas con más las raíces al inicio de la etapa del trasplante definitivo del cultivo a los 30 días.

3.16.2. Peso a la cosecha con raíz

Pasado los 70 días después del Trasplante definitivo se realizó el pesado de las plantas de las cinco plantas marcadas al azar con más las raíces.

3.16.3. Peso a la cosecha sin raíz

Aprovechando el pesado final con raíz se recortó las raíces de las lechugas y se tomó la medida.

3.16.4. Largo de raíces

Se tomó las medidas de las mismas plantas de lechugas que se marcaron a un principio.

3.16.5. Diámetro de tallo

Se tomó la medida de los tallos de las lechugas usando un vernier de las mismas plantas que se escogieron al azar de manera ordenada.

3.16.6. Numero de hojas

Se contó las hojas al final de la etapa final a los 70 días.

3.16.7. pH inicial y final

Se tomaron dos medidas al inicio y al final la etapa de cultivo.

3.17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.17.1. Tratamiento 1

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación fue el diseño estadístico con arreglo factorial AxB.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + S_j + E_{ij}(a) + V_k + (SV)_{jk} + E_{ijk}(b)$$

Y_{ijk} es la observación de la variedad k , en el sistema de labranza j , en el bloque i .

μ = es la media verdadera general.

B_i es el efecto del bloque i

S_j es el efecto del sistema j

$E_{ij}(a)$ es el error experimental en parcelas grandes

V_k es el efecto de la variedad k

SV_{jk} es el efecto de la interacción del sistema j variedad k

E_{ijk(b)} es el error experimental de las subparcelas

3.17.2. Tratamiento 2

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación es el diseño completamente aleatorio.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : es la respuesta

μ : es la media general del experimento

T_i : es el efecto del tratamiento

E_{ij} : es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij} .

Los datos que se obtuvieron en el campo se ordenaron y sistematizaron con el análisis estadístico de acuerdo con el modelo adoptado, se analizó la prueba estadística de Fisher para probar la significancia del efecto fijo. Teniendo todos los datos de campo de las variables de respuesta procesados se procedió al análisis y discusión e interpretación para poder alcanzar los objetivos planteados y de esta manera llegar a las conclusiones del trabajo investigado.

3.18. ANÁLISIS DE MERCADO

El análisis de mercado se realizó al principio de la investigación a la población general del mercado local del departamento de Tarija; que consistió en preguntas básicas del consumo y conocimiento de las lechugas hidropónicas.

3.19. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico de la producción hidropónica de los dos sistemas se realizó de acuerdo con la metodología del centro internacional de mejoramiento de manejo de trigo (CIMMYT, 1998), el cual consiste en el cálculo de rendimiento de las variedades de lechuga, para tener el beneficio bruto. Se calcularon los costos de producción los costos fijos y costos variables.

4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS DEL SISTEMA “NFT”

En base a los datos obtenidos en el trabajo de campo, se procedió a realizar el análisis para las tres variedades de lechuga. Luego de realizar los análisis estadísticos de los mismos, y se obtuvieron los resultados de las variables de respuesta del sistema hidropónico recirculante de lechuga que se muestran a continuación.

4.1.1. Rendimiento en materia verde

El crecimiento y desarrollo de los vegetales está en función de la absorción de los nutrientes, por lo tanto se observó que hubo diferencias de acuerdo al desarrollo de cada variedad. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostro diferencia significativa de ($Pr=0.53$). Entre las variedades de lechuga hubo una diferencia altamente significativo, las respuestas de peso fue diferente con respecto a cada variedad y por lo tanto se declara homogénea.

4.1.2. Rendimiento de las tres variedades de lechuga

De acuerdo al cuadro 15 La variedad Great Lakes es superior en el carácter rendimiento con 33.532 Tn/Ha seguido de las variedades Grand Rapids Tbr con 26.715 Tn/Ha y por último la variedad White Boston con 24.462 Tn/Ha. Respectivamente la respuesta varietal y genética de la variedad Great Lakes que es la mejor que respondió al sistema hidropónico recirculante a pesar que no tuvo buen desarrollo durante su etapa de crecimiento ni buena buena germinación (35%) a comparación de la variedad Grand Rapids Tbr que su germinación fue de un 95% pero su rendimiento es menor.

Según Rodríguez, Hoyos y Chang, (2002), Las lechugas que responden mejor a la producción hidropónica es la crespa hoja de laurel, butter head y romana.

Cuadro 15. Valoración productiva de las variedades de lechuga

Variedad	Plantas/m2	Peso materia verde gr.	Rendimiento Tn/ha
Great Lakes	25	134.13	33.532
Grand RapidsTbr	25	106.87	26.715
Write Boston	25	97.85	24.462

Fuente: Elaboración propia

De tal manera que la producción en el sistema recirculante de estas variedades se comportaron cada una de diferente manera desde la implementación en almacigo, hasta la cosecha, las diferencias fueron altamente notorias entre las variedades evaluadas.

La variedad Great Lakes de acuerdo a su comportamiento es la que se adecuó mejor al sistema, a comparación de la variedad Grand Rápids Tbr y White Boston. Por lo que los resultados obtenidos concuerdan con los autores que afirman lo siguiente:

Leja et al., 1994; Sorensen et al., 1994; Custic et al., 1994; Dapigny et al., 1996.

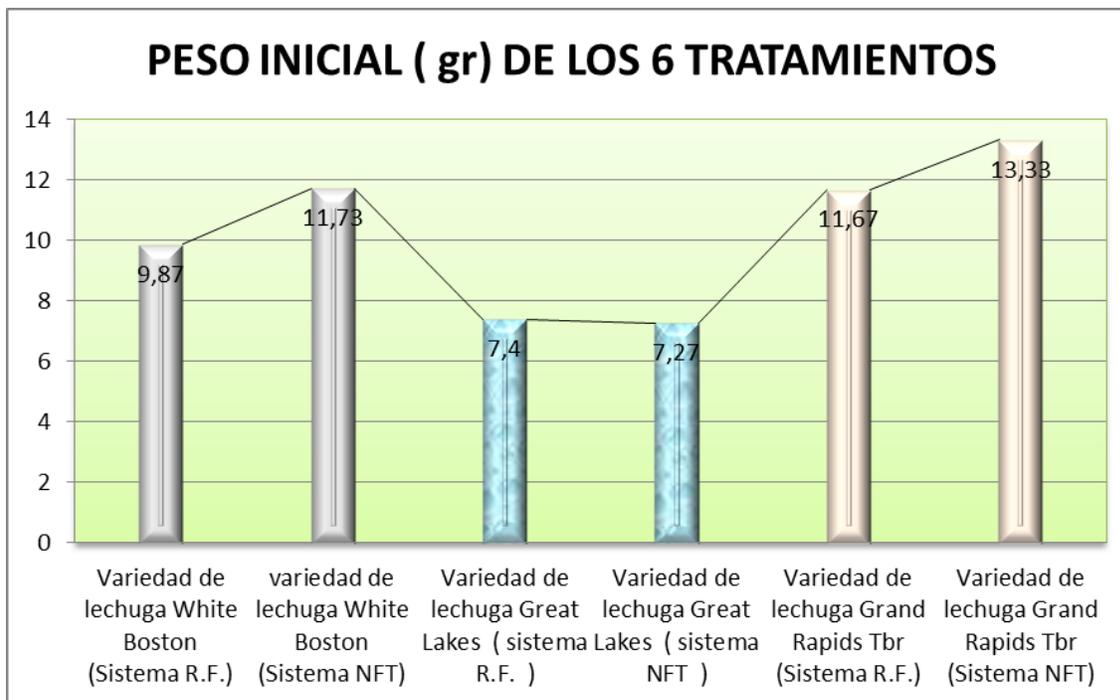
En numerosas investigaciones afirman que la radiación y la temperatura se han identificado como los factores de mayor importancia para la tasa de crecimiento de la lechuga, debido a que se asocian a una disminución del contenido de clorofila de esta forma, puede inferirse que el nivel de radiación actúa sobre la tasa de crecimiento controlando la tasa de asimilación neta o el ritmo fotosintético.

4.2. PESO INICIAL

Se observa que en el cuadro 37, que numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del peso inicial fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Grand Rapids Tbr del Sistema hidropónico recirculante fue superior comparada a las cinco restantes variedades, pesando 13.33 g, en tanto que la variedad White Boston del sistema hidropónico recirculante mostró un desarrollo de 11.73 g y por

último la variedad Grand Rapids Tbr del sistema hidropónico raíz flotante con 11.67 g. La variedad Grand Rapids Tbr fue superior en 20 % y 27 % más que Grand Rapids Tbr y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

Figura N° 37. Comparación de peso inicial de los 6 tratamientos en los dos sistemas hidropónicos



Fuente: Elaboración propia

4.2.1. TABLA DE DATOS

Primera evaluación, peso inicial por plántula (g). Promedio de 5 plántulas de los dos sistemas hidropónicos y tres variedades de lechuga en Centro experimental de Chocloca.

Cuadro N° 16. Variable: peso inicial de los 6 tratamientos

A	B	REPETICIONES		
		1	2	3
1	1	9,83	9,98	9,8
1	2	7,44	7,36	7,41
1	3	11,69	11,71	11,62
2	1	11,76	11,74	11,7
2	2	6,98	7,55	7,27
2	3	13,32	13,42	13,24

4.2.2. ANALISIS DE VARIANZA

Los datos registrados del peso inicial de las plántulas fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró diferencia significativa en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el peso con raíz con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	5,712036	5,712036	331,0026	0.00
FACTOR B	2	83,158669	41,579285	2410,0295	0.00
INTERACCION	2	3,624268	1,812134	105,0354	0.00
ERROR	12	0,207031	0,017253		
TOTAL	17	92,701904			

C.V. = 1.29%

4.2.3. TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A (SISTEMAS HDROPONICOS)

FACTOR A	MEDIA
1	9,648898
2	10,775555

4.2.4. TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (VARIETADES DE LECHUGA)

FACTOR B	MEDIA
1	10,801666
2	7,335001
3	12,5

4.2.5. COMPARACIONES MÚLTIPLES (TUKEY) MEDIAS DEL FACTOR A SEGUIDAS DE LA MISMA LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
2	10,7756 a
1	9,6489 b

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.1349

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.00$ $q(0.01) = 4.32$

4.2.6. COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B SEGUIDAS DE LA MISMA LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
3	12,5000 a
1	10,8017 b
2	7,3350 c

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2022

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.77$ $q(0.01) = 5.04$

4.2.7. COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR B DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR 1 (VARIEDAD), LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
3	11,6733 a
1	9,8700 b
2	7,4033 c

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2859

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.77$ $q(0.01) = 5.04$

4.2.8. COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 1 DEL FACTOR B (SISTEMA), LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
2	11,7333 a
1	9,8700 b

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2336

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.08$ $q(0.01) = 4.32$

4.2.9. COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 2 DEL FACTOR B; LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
1	7.4033 a
2	7.2667 a

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2336

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.08$ $q(0.01) = 4.32$

4.2.9. COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A DENTRO DEL NIVEL 3 DEL FACTOR B, LETRA NO DIFIEREN SIGNIFICANCIA ENTRE SI EN D.M.S. AL 5% DE PROBABILIDAD.

TRATAMIENTO	MEDIA
2	13.3267 a
1	11.6733 b

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

TUKEY = 0.2336

VALORES DE LA TABLA: $q(0.05) = 3.08$ $q(0.01) = 4.32$

4.3. Comparación de medias de peso final con raíz de las tres variedades

Numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del peso final con raíz fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Great Lakes fue superior comparada a las dos restantes variedades, pesando 134.13 g, en tanto que la variedad Grand Rapids Tbr mostró un desarrollo de 106.87 g y por último la variedad White Boston con 97.85 g. La variedad Great Lakes fue superior en 20 % y 27 % más que Grand Rapids Tbr y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

Andrade, (2001), menciona que cultivando variedades de lechuga bajo invernadero obtuvieron pesos promedios de 159,24 g/pl. De modo que es inferior el rendimiento de peso final de que se obtuvo por la planta promedio cultivando en el sistema recirculante.



Figura N° 38. Comparación de medias de peso final con raíz entre variedades de lechuga

Los datos registrados del peso final con raíz fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró diferencia significativa de ($Pr=0.54$) en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el peso con raíz con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas

Cuadro N° 17. Análisis de varianza del peso final con raíz de la lechuga

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Probabilidad
Tratamiento	2	2141,25	1070,63	0,69 NS	0,537
Error	6	9215,67	1535,94		
Total	8	7074,42			

Referencia: **altamente significativo ($p<0.05$), ns= no significativo

4.4. Comparación de medias de peso final sin raíz de las tres variedades

Numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del peso final con raíz fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Great Lakes fue superior comparada a las dos restantes variedades, pesando 110.73 gr, en tanto que la variedad Grand Rapids Tbr mostró un desarrollo de 82.47 gr y por último la variedad White Boston con 80.30 gr. La variedad Great Lakes fue superior en 25.50 % y 27 % más que Grand Rapids Tbr y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

Odir y luna (2010) afirma que las lechugas que evaluaron; obtuvieron pesos promedios de 219 g por planta en el tratamiento sin recirculación.

El valor de temperatura de acuerdo con Resh(2006), es equilibrado y no puede perjudicar el crecimiento de las plantas, pues ésta no deberá exceder los 30 °C. La temperatura mínima registrada en el presente ensayo según los datos recolectados sondean de 9.6 °C / 12.6°C según SENHAMI 2014, que de acuerdo con el mismo autor, es favorable también para el desarrollo de la cabeza de la planta de lechuga, obteniendo así buen peso y por consiguiente una buena calidad



Figura N° 39. Comparación de medias de peso final sin raíz de las tres Variedades

Los datos registrados del peso final sin raíz fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró

diferencia significativa de ($Pr=0.25$) en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el peso sin raíz con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas

Cuadro N° 18. Análisis de varianza del peso final sin raíz de las variedades de lechuga

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Probabilidad
Tratamiento	2	1729,89	864,62	1,77 NS	0,249
Error	6	2924,87	487,48		
Total	8	4654,76			

Referencia: **altamente significativo ($p<0.05$), ns= no significativo

4.5. Comparación de medias del largo de raíz de las tres variedades

Numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del largo de la raíz fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Great Lakes fue superior comparada a las dos restantes variedades, alcanzando 18.4 cm, en tanto que la variedad Grand Rapids Tbr mostró un desarrollo de 18.0 cm y por último la variedad White Boston con 16.1 cm. La variedad Great Lakes fue superior en 2 % y 12 % más que Grand Rapids Tbr y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

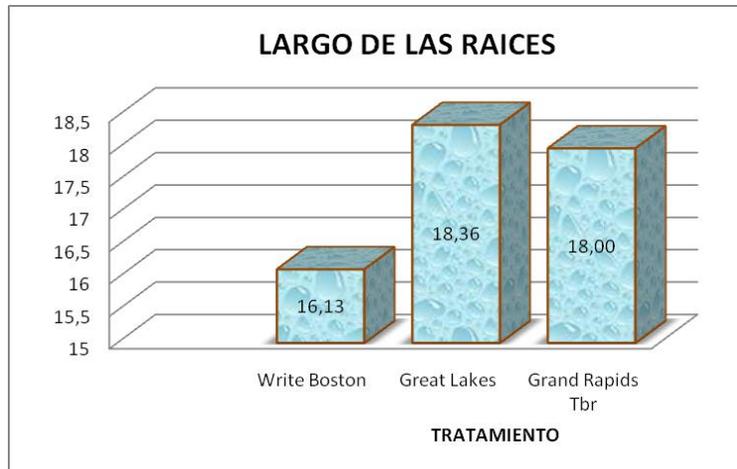


Figura N° 40. Comparación de medias del largo de raíz de las tres variedades

El desarrollo radicular en los vegetales permite una eficiente absorción de los nutrientes por consiguiendo una mejor respuesta del rendimiento esperado del cultivo.

Los datos registrados del largo de la raíz fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró diferencia significativa de ($Pr=0.79$) en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el largo de raíz con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas

Cuadro N° 19. Análisis de varianza del largo de raíces de las variedades de lechuga

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Probabilidad
Tratamiento	2	0,02	0,01	0,24NS	0,794
Error	6	1,16	0,19		
Total	8	0,11			

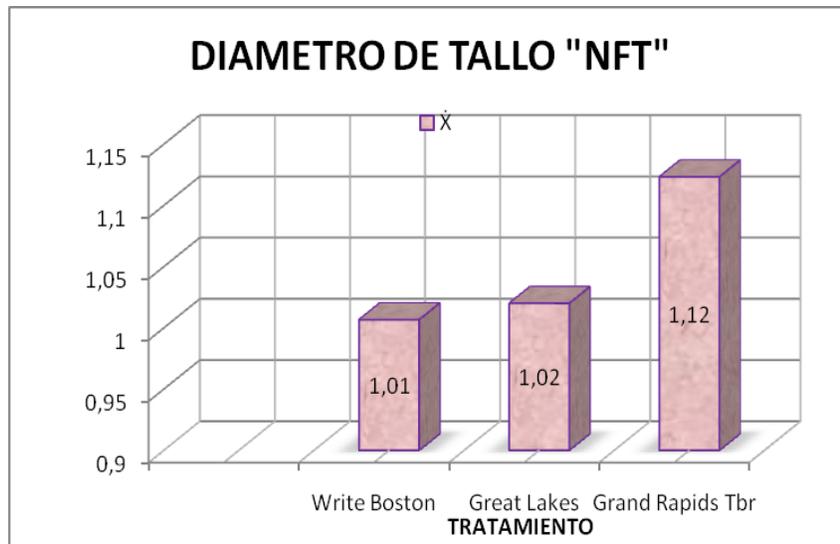
Referencia: **altamente significativo ($p<0.05$), ns= no significativo

4.6. Comparación de medias del diámetro de tallo de las tres variedades

Numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del diámetro del tallo fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Grand Rapids Tbr fue superior comparada a las dos restantes variedades, presentando un diámetro de 1.12 cm, en tanto que la variedad Great Lakes mostró un desarrollo de 1.02 cm y por último la variedad White Boston con 1.01 cm. La variedad Grand Rapids Tbr fue superior en 9 % y 10 % más que Great Lakes y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

Rodríguez *et al.*, (1984), el diámetro del tallo puede llegar a los 2.5 cm de tal forma que a mayor diámetro incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento, como lo sustenta Moorby (1981), menciona que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema posibilita un mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos. Sin embargo, el área total de tallo y sus diferentes tejidos pueden ser afectados por factores ambientales y de manejo, las temperaturas elevadas (30°C) propician el crecimiento de tallos delgados (Folquer, 1976) y con mayor proporción de tejido parenquimatoso (Chamarro; 1995 y Picken, *et al.*, 1986). Asimismo, luminosidades bajas dan lugar a tallos delgados y débiles con mayor proporción de tejido parenquimatoso. Además, una mayor área de parénquima, puede implicar mayor reserva de asimilados, lo que en condiciones restrictivas, por algún tipo de estrés como es alta densidad o área foliar excesiva (sombreamiento), puede conducir a que estas reservas sean parcialmente removilizadas a los frutos en crecimiento (Moorby, 1981). Sánchez (1997), reportó que áreas altas de floema propician mayores tasas de traslocación de asimilados hacia los frutos por presentar menor resistencia al flujo, facilitando así el crecimiento. Respecto al xilema Picken, *et al.*, (1986), reportó que las condiciones de crecimiento, influyen sobre su comportamiento, así en tallos delgados el desarrollo es mayor.

Figura N°41. Comparación de diámetro del tallo de las tres variedades



Los datos registrados del diámetro del tallo fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró diferencia significativa de ($Pr=0.95$) en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el diámetro de tallo con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas

Cuadro N° 20. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las variedades de lechuga

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Probabilidad
Tratamiento	2	4,50	2,25	0,05NS	0,952
Error	6	47,66	7,94		
Total	8	52,16			

Referencia: **altamente significativo ($p<0.05$), ns= no significativo

4.7. Comparación de medias del número de hojas de las tres variedades de lechuga

Numéricamente, entre las variedades de lechuga se evidencio diferencias, la respuesta del número de hojas fue diferente con respecto a cada variedad. La variedad Grand Rapids Tbr fue superior comparada a las dos restantes variedades, presentando 15 hojas, en tanto que la variedad Great Lakes con 14 hojas y por último la variedad White Boston con 13 hojas. La variedad Grand Rapids Tbr fue superior en 6 % y 12 % más que Great Lakes y White Boston respectivamente. Este comportamiento fue similar a la respuesta de las variedades en el rendimiento.

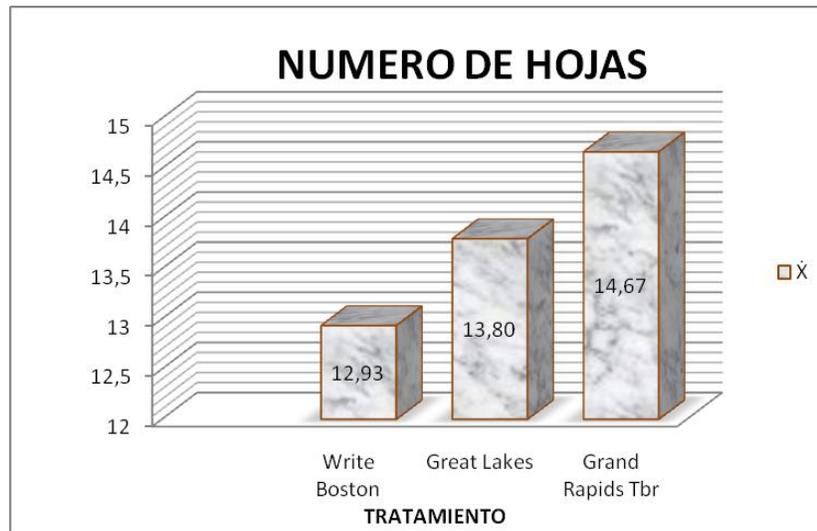
Si bien el número de hojas por planta está determinado por las características genéticas propias de cada especie y por las condiciones medio ambientales, en cuanto al número de hojas que pudieron formar entre variedades de lechuga en el sistema hidropónico recirculante.

Ávila, (1998), sostiene respecto que todos los caracteres con importancia económica en plantas son controladas por la acción de muchos genes, por el efecto del medio ambiente y la interacción de ambos factores; de este modo el valor fenotípico de una población o individuo dependerá de su valor genotípico y del efecto ambiental, en el cual se ha desarrollado la variedad, además de la interacción de entre ambos factores.

Rodríguez , Hoyos y Chang, (2002), respalda a las observaciones que la variedad Grand Rapid Tbr es la que mejor responde a la producción recirculante (hidropónica), de igual manera tiene una mejor aceptación en el mercado frente a otra variedades.

Según Truca, (2002), Cultivando las lechugas a diferentes soluciones en el cultivo hidropónico obtuvieron lechugas con numero de hojas en promedio de (15.9 - 16.5) hojas por planta, respectivamente. Frente a estos promedios con el trabajo de investigación que se realizó cultivando en el sistema hidropónico recirculante, las variedades oscilando por el mismo rango el promedio de numero de hojas por planta que se obtuvieron.

Figura N°42. Comparación de número de hojas de las tres variedades de lechuga



Los datos registrados del número de hojas fueron analizados a través de la Prueba Estadística de F. El análisis de varianza para las variedades de lechuga no mostró diferencia significativa de ($Pr=0.77$) en la variable analizada. Siendo la probabilidad estadística mayor a 5 % se acepta la hipótesis de que las variedades de lechuga empleadas en la presente investigación (Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston) presentan el número de hojas con valores estadísticos iguales por lo tanto se declaran homogéneas

Cuadro N° 21. Análisis de varianza del número de hojas de las variedades de lechuga

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Probabilidad
Tratamiento	2	8,59	4,29	0,28NS	0,765
Error	6	108,18	18,03		
Total	8	99,59			

Referencia: **altamente significativo ($p<0.05$), ns= no significativo

4.8. Comparación de pH inicial y final en el cultivo de lechuga

Al inicio del cultivo se realizó una toma global de pH y durante el cultivo de acuerdo a los ácidos el juego de los aniones como cationes ascendía por la mala combinación llegando a un pH de 7.20.

Canavas (1999), menciona que al tener pH altos se ve reducida la absorción de aniones, además de que la planta cuando absorbe cationes libera iones OH-, lo que alcaliniza el medio y por tanto los drenajes tienden a aumentar la su pH.

Canavas (1999) menciona que a pH bajos se ve reducida la absorción de cationes y por lo tanto la concentración de OH- se reduce en la solución nutritiva donde se desarrolla el cultivo.

Cuadro N° 22. Comparación de pH inicial y final en el cultivo de lechuga

pH Inicial del cultivo	pH final del cultivo
5.50	7.20

Fuente: Propia

4.9. Porcentaje del análisis de mercado

Para evaluar el grado de aceptación de este nuevo producto en los mercados de la población Tarijeña se realizara un análisis de la siguiente manera:

4.9.1. Porcentaje de Sexo de personas

En cuanto al sexo de los encuestados, se puede observar que de un total de 100 personas encuestadas; el 52% son mujeres y 48% son hombres lo que representa el 100% de la muestra.

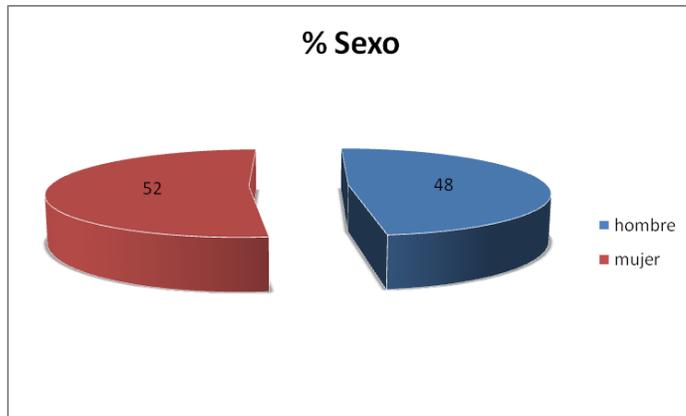


Figura N°43. Porcentaje de sexo de las personas encuestadas

4.9.2. Porcentaje de edad

Respecto a la edad de los personas encuestadas, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje corresponde a personas que tienen una edad entre 30 a 50 años (59%); posteriormente los que tienen de 51 a 65 años, aunque también se registra personas mayores de 65 años de edad (11%) y finalmente un 5% tienen entre 18 y 29 años.

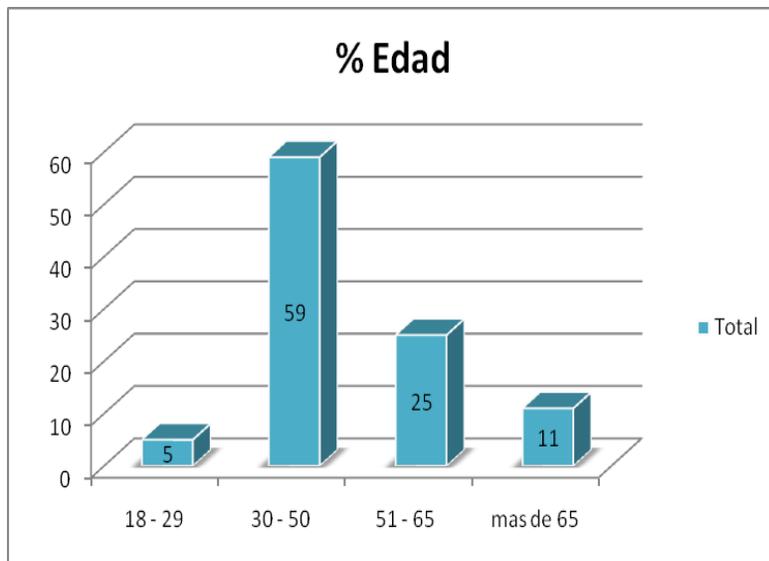


Figura N°44. Porcentaje de edad de las personas en el análisis de mercado

4.9.3. Porcentaje del lugar de residencia

En cuantos a los resultados que se obtuvieron de la encuesta respecto a la residencia de las personas; se puede apreciar que el mayor porcentaje corresponde a personas que viven en la zona urbana con un 75% de la muestra, mientras que el 25% viven en la zona rural.

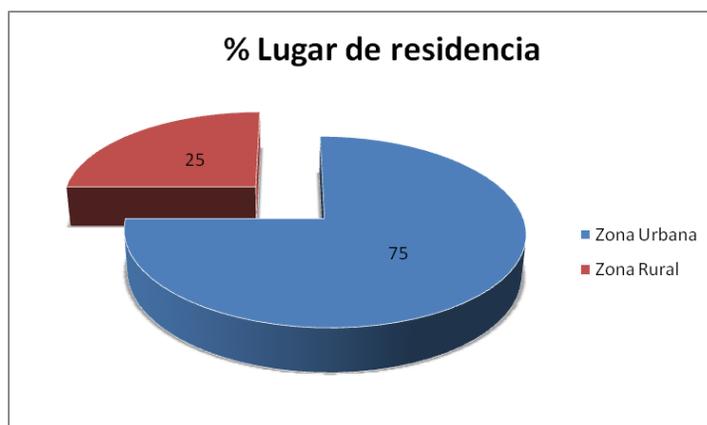


Figura N°45. Porcentaje de residencia de las personas en el análisis de mercado

4.9.4. Porcentaje de la ocupación de los encuestados

Respecto a la edad de los personas encuestadas, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje corresponde un 88% a personas que trabajan (estudiantes, pensionistas) y el 12% representa a personas que son amas de casa.

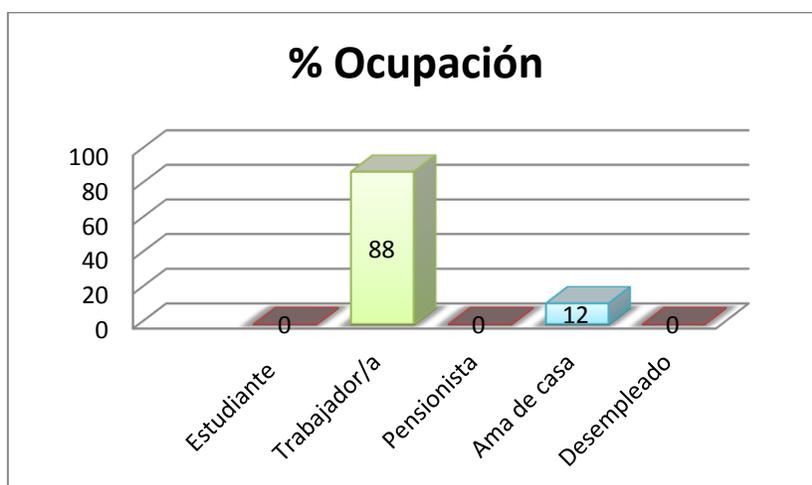


Figura N°46. Porcentaje de ocupación los encuestados

4.9.5. Porcentaje de las personas que viven dentro del hogar del encuestado

Respecto a las personas que viven dentro del hogar del encuestado, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje (24%) corresponde a 3 o >; personas dentro del hogar posteriormente el 19% con 4 y 5 y finalmente un 7% tienen entre 1 y 2%.



Figura N°47. Porcentaje de las personas que viven dentro del hogar del encuestado

4.9.6. Porcentaje de consumo semanal de lechuga por familia

Respecto al consumo de las personas encuestadas, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje corresponde a un 40% de las personas que consumen dentro del hogar familiar, posteriormente a algunos de la familia con un (37%) y finalmente un 23% pertenece a las personas que no consumen lechuga.

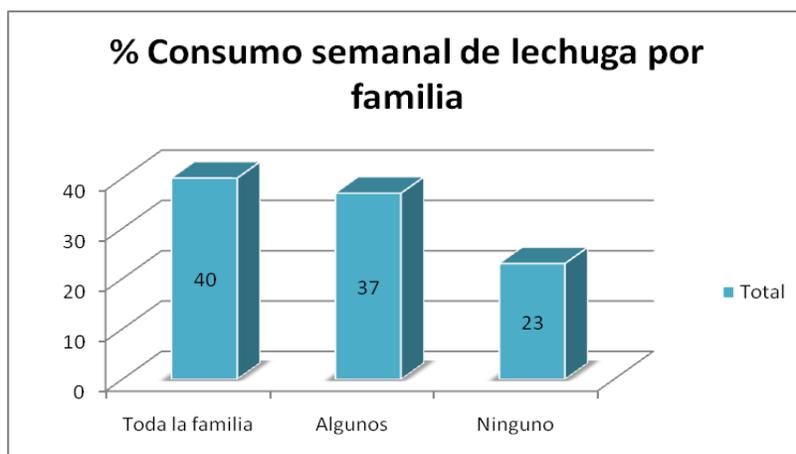


Figura N°48. Porcentaje de consumo semanal de lechuga por familia

4.9.7. Porcentaje de la época de consumo

En cuanto al porcentaje de la época de consumo de la lechuga de los encuestados, se puede observar que de un total de 100 personas encuestadas; el 72% consumen en verano, posteriormente un 20% consumen en cualquier época del año, y un 4% consumen en las épocas de primavera e invierno lo que representa el 100% de la muestra.

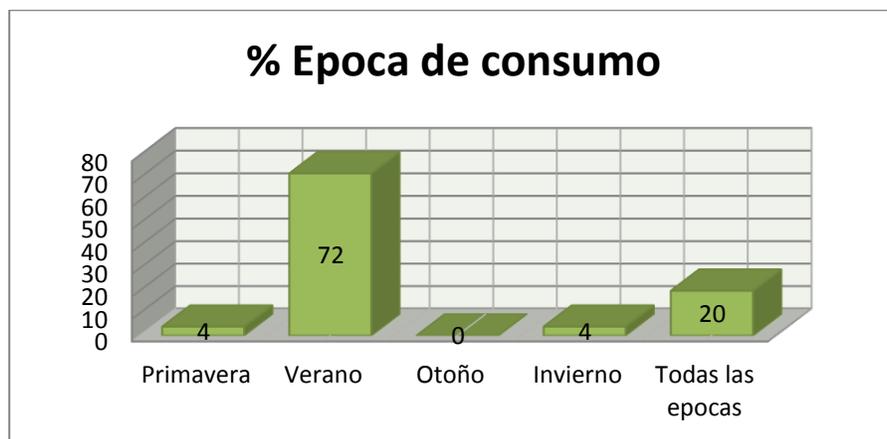


Figura N°49. Porcentaje de la época de consumo

4.9.8. Porcentaje de la calidad de la lechuga a la hora de compra

En cuanto al porcentaje de la calidad de la lechuga a la hora de la compra de la lechuga de los encuestados, se puede observar que de un total de 100 personas encuestadas; el 47% le interés la limpieza de la lechuga, posteriormente un 36% de los encuestados adquieren por su frescura y un 2% de la población consumen en de acuerdo al tamaño y presentación de la lechuga lo que representa el 100% de la muestra.

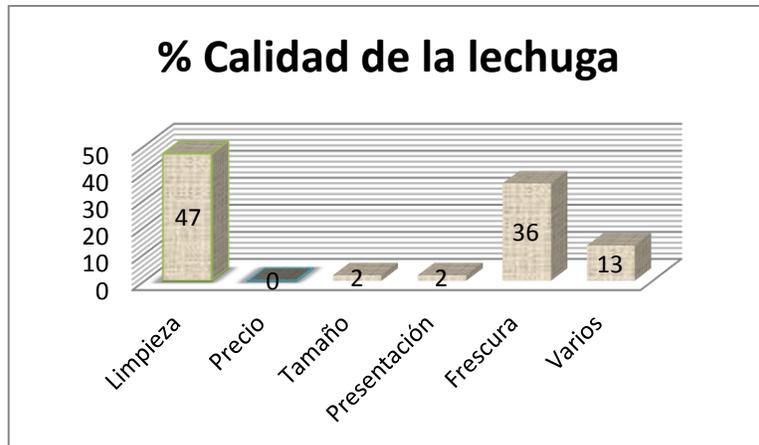


Figura N° 50. Porcentaje de la calidad de la lechuga a la hora de compra

4.9.9. Porcentaje de la importancia del producto si es orgánico

Respecto al consumo de las personas encuestadas, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje corresponde a un 77% de las personas que a la hora de la compra prefieren orgánico, posteriormente a un 14% de los encuestados no les importa si es orgánica la lechuga y finalmente un 9% de las personas encuestadas consumen lo que les brinda el mercado o este a su alcance del comprador.

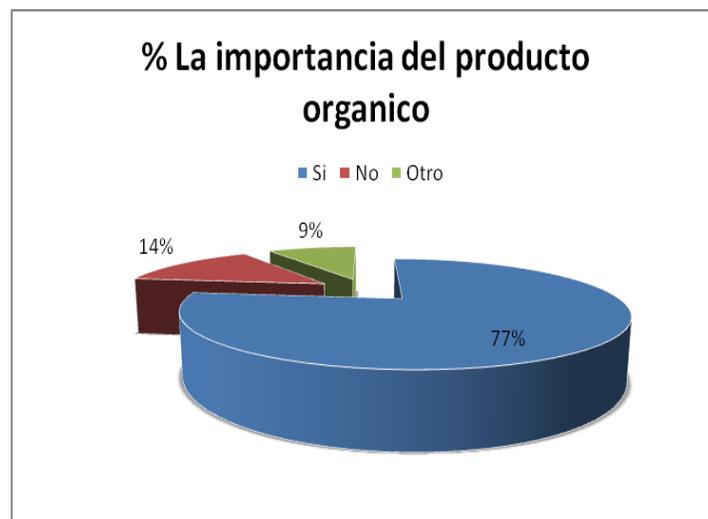


Figura N° 51. Porcentaje de la importancia del producto si es orgánico

4.9.10. Porcentaje del consumo de lechuga hidropónica

Respecto al consumo de las personas encuestadas, se puede apreciar que la mayor frecuencia y porcentaje corresponde a un 86% de las personas que están dispuestas a consumir la nueva alternativa del cultivo sin suelo (lechuga hidropónica), posteriormente a un 9% de los encuestados no consumirían por que no están seguros de las proporciones alimenticias que brindaría este nuevo producto dentro del mercado y finalmente un 5% de las personas encuestadas están dispuestas a consumir lo que el mercado local les ofrece.

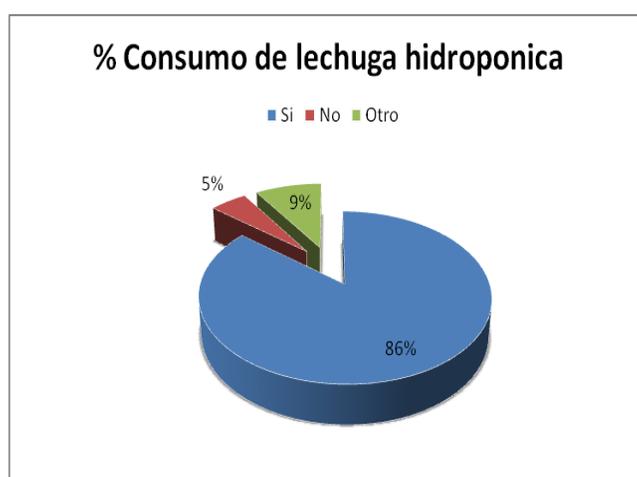


Figura N° 52. Porcentaje del consumo de lechuga hidropónica

4.9.11. Porcentaje de las medidas publicitarias

En cuanto al porcentaje de la medida publicitaria un 45% de la población prefiere en anuncio publicitario por televisión de un total de 100 personas encuestadas; el 23% son inseguras en cuanto a la medida publicitaria, un 9% de los encuestados prefieren información mediante la prensa y carteles publicitarios finalmente un 7% de la población prefiere la medida publicitaria por radio y promoción de punto de venta lo que representa el 100% de la muestra.

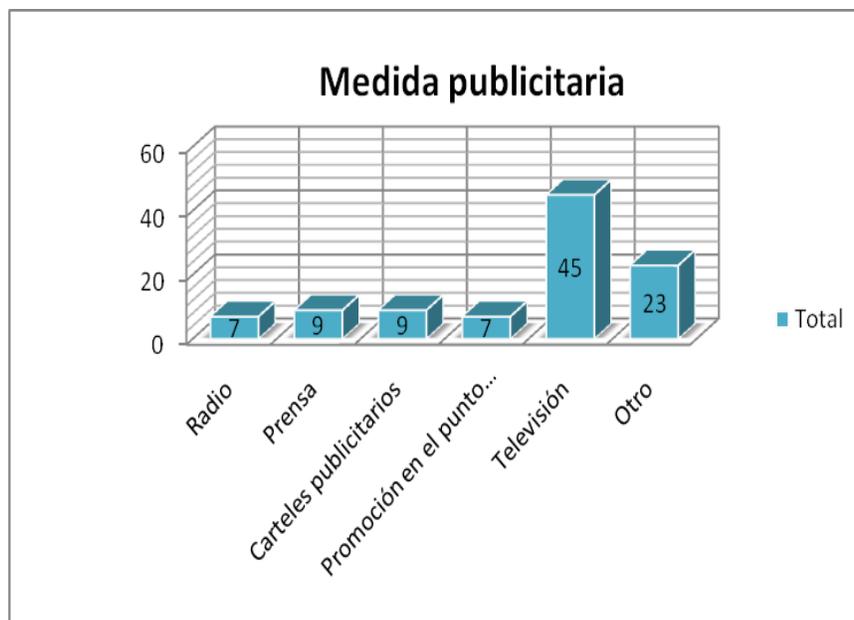


Figura N°53. Porcentaje de las medidas publicitarias

4.10. Análisis Químico del agua

El análisis químico del agua se realizó en el laboratorio de aguas de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y los resultados fueron los siguientes (cuadro, anexos, pág. 131)

Teniendo como resultado del análisis químico del agua y sabiendo la cantidad que tienen los cationes y aniones, los resultados demostraron que se tiene agua de buena calidad y apta para riego (C1S1), lo cual significa. Según Richards, (1970)

C1. Agua baja salinidad

Esta agua puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle la salinidad, se requiere de algún lavado, pero este se logra en condiciones normales de riego a excepción de suelos de muy baja permeabilidad.

S1. Agua bajo de sodio

Puede usarse para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante los cultivos son sensibles como algunos frutales, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

4.11. Análisis económico

El análisis económico que se realizó en el presente ensayo fue con el propósito de conocer la rentabilidad los dos sistemas hidropónicos y a partir de cuantas cosechas (campañas), ya es rentable, se determinó que la producción en estos sistemas es como se muestra en el (cuadro N° 23).

Cuadro N° 23. Análisis financiero del sistema hidropónico NFT (Bs)

Área de cultivo m2	P/m2	precio de lechuga (Bs)	CV	CF	CT	B	UB	UN	B/C 100%
37,28	15	2,50	372	2954,00	3326,00	1397,00	1025,00	-1929,00	50,42
100	15	2,50	997,85	7923,82	8921,67	10000,00	9002,15	1078,33	112,08

4.11.1. Aplicación de las formulas

$$CT = CV + CF$$

$$UB = B + CV$$

$$UN = B - CT$$

$$\text{Relación C/B} = CV/B * 100$$

Donde

CV = Costos Variables

CF= Costos Fijo

CT = Costos Total

B = Beneficios

UB = Utilidad bruta

UN = Utilidad Neta

Rel. C/B *100= Es la relación costo beneficio

Debe ser considerado que por cada m² de área se cultivan 20 unidades de lechuga; Marulanda C. (1995), respalda que las 20 plantas de lechuga se cosechan 15 plantas de lechuga de excelente calidad el cual las 5 serían de 2da clase, los datos analizados se basan solamente en costos de cosecha.

Según Derek Byerlee recomienda que al evaluar costos y beneficios del tratamiento se tiene que mencionar los riesgos dentro del factor evaluado para que el agricultor al realizar su inversión este guiado con los riesgos que le puede afectar al cultivo y prever soluciones alternativas.

Cuadro N° 24. Campaña del cultivo de lechuga

CAMPAÑA DE CULTIVO DE LECHUGA			
Año 1	Costo Total Bs	Beneficio Bs	Ganancia Bs
Campaña 1	3326,00	1398,00	
Campaña 2	1928,00	1398,00	
Campaña 3	530,00	1398,00	868,00
Campana 4		1398,00	1398,00
Campaña 5		1398,00	1398,00
Ganancia			3664,00

Campaña cultivo de lechuga = significa tiempo transcurrido desde el almacigo hasta la cosecha de la lechuga (71 días)

De acuerdo a las utilidades netas se tiene en el cuadro 24, los costos fijos (CF) son datos (2.954 Bs), para el sistema recirculante no incluye valor de la mano de obra ni gastos no previstos (seria e valor más alto), en la utilización de los materiales para el funcionamiento del sistema recirculante para la primera producción, por estos gastos se eleva los costos fijos, pero después en la tercera campaña ya se estabilizan con una ganancia de 868 Bs; y para la que la producción complete el año se estimó cinco campañas del cultivo basado en la etapa fenológica del cultivo donde se tiene una ganancia de 3664 Bs ; en la tercera campaña.

Cuadro N° 25. Análisis financiero del sistema hidropónico Raíz Flotante (Bs)

Área de cultivo m ²	P/m ²	precio de lechuga (Bs)	CV	CF	CT	B	UB	UN	B/C 100%
5,94	25	2,50	164,00	2042,00	2206,00	370,00	206,00	-1836,00	16,77
100,00	25	2,50	997,85	34377,10	35374,74	6242,50	5244,65	-29132,24	17,65

Debe ser considerado que por cada m² de área se cultivan 30 plantas de lechuga; pero Marulanda C. (1995), afirma que de las 30 unidades se cosechan 25 plantas de lechuga de excelente calidad el cual las 5 serían de 2da clase, los datos analizados se basan solamente en costos de cosecha.

Cuadro N° 26. Campaña del cultivo de lechuga

CAMPAÑA DE CULTIVO DE LECHUGA			
Año 1	Costo Total Bs	Beneficio Bs	Ganancia Bs
Campaña 1	2206,00	370,00	
Campaña 2	1836,00	370,00	
Campaña 3	1466,00	370,00	
Campana 4	1096,00	370,00	
Campaña 5	726,00	370,00	
Año 2			
Campaña 6	356,00	370,00	
Campaña 7	14,00	370,00	356,00
Campaña 8	0,00	370,00	
Campaña 9	0,00	370,00	
Campaña 10	0,00	370,00	
Ganancia			1466,00

Campaña cultivo de lechuga = significa tiempo transcurrido desde el almacigo hasta la cosecha de la lechuga (71 días).

De acuerdo a las utilidades netas se tiene en el cuadro 24, los costos fijos (CF) son datos (2042 Bs), para el sistema raíz flotante no incluye valor de la mano de obra ni gastos no previstos (seria e valor más alto), en la utilización de los materiales para el funcionamiento

del sistema raíz flotante para la primera producción, por estos gastos se eleva los costos fijos, pero después en la séptima campaña ya se estabilizan con una ganancia de 356 Bs; basado en la etapa fenológica del cultivo, donde se obtiene una ganancia de 1466 Bs.; recuperando el dinero invertido en la séptima campaña.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en la presente investigación permiten concluir:

- Las variedades estudiadas Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston no mostraron diferencias estadísticas en relación al rendimiento en el sistema hidropónico “NFT”
- Las variedades estudiadas Great Lakes, Grand Rapids Tbr y White Boston no mostraron diferencias estadísticas en relación al largo de la raíz en el sistema hidropónico “NFT”
- Se evidenció que la variedad Great Lakes fue superior numéricamente a las restantes variedades, promoviendo un rendimiento superior en 20 y 27 %. Similar comportamiento se observó en relación al desarrollo radicular.

RECOMENDACIONES

En virtud a las grandes ventajas verificadas en el sistema de hidroponía para el cultivo de hortalizas y principalmente lechuga en relación al ahorro de superficie cultivada y de los altos rendimientos encontrados, se recomienda continuar con la investigación incorporando diferentes sustratos como medio nutritivo, estudiar la presencia de enfermedades o plagas en este sistema de cultivo.