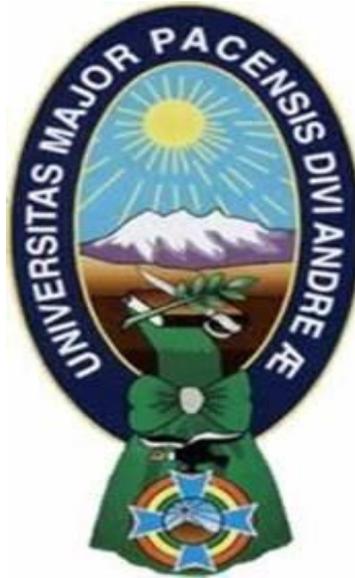


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS VARIEDADES DE ESPINACA  
(*Sinacea Oleracea* L.) CON LA TÉCNICA HIDROPÓNICA NFT EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA – COTA

**SANTANA BILBAO RENZO ALAN**

**2016**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS VARIEDADES DE ESPINACA  
(*Sinacea Oleracea* L.) CON LA TÉCNICA HIDROPÓNICA NFT EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA – COTA

*Tesis de Grado presentado como requisito  
Parcial para optar por el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**SANTANA BILBAO RENZO ALAN**

**Asesores:**

Ing. Celia Fernández .....

Ing. Williams Murillo Oporto .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Freddy Porco Chiri .....

Ing. Mario Ramos .....

Ing. Rubén Trigo .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

**2016**

## DEDICATORIA

*A:*

*Dios, que siempre me acompaño en mi vida,  
guiando mis pasos por un sendero de aprendizaje,  
buenos amigos y oportunidades.*

*Y a quién agradezco todo lo que he logrado.*

*Mis Padres, por su amor incondicional, apoyo  
desmedido y esfuerzo brindado, gracias por estar  
siempre a mi lado y confiar en mis sueños como si  
fueran propios.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme realizar esta investigación.

A mis padres Carlos Santana Vásquez y Martha Bilbao Espinoza, quienes me brindaron todo su amor, apoyo y confiaron en mí de forma incondicional durante estos años de estudio.

Al Ing. Williams Murillo Oporto, por el apoyo incesante de manera técnica, científica y moral, sin la cual no hubiera sido posible la ejecución de este estudio.

Al Ing. Freddy Porco Chiri por la oportunidad y confianza para realizar esta investigación, realmente ha sido un ejemplo en mi desarrollo ético y profesional.

A la Ing. Celia Fernández, agradezco su asesoría, ayuda y tiempo que dedico a mejorar esta investigación, brindándome su amplia experiencia la que ha sido una motivación para mí.

Al Ing. Mario Ramos Flores por darme tanto de su tiempo para mejorar este trabajo, buscando siempre un la excelencia.

A la Universidad Mayor de San Andrés por formarme como profesional, dotándome de todos los conocimientos necesarios para poder realizar este trabajo.

A mis compañeros de tesis Martín Rivera Arredondo, Ronald Parí Bustamante y Leonel Quispe Pairo, quienes me invitaron a ser parte de este gran mundo que es la hidroponía y con quienes viví la gran experiencia de la tesis.

A todos mis compañeros y amigos de la Facultad de Agronomía con quienes crecí académicamente durante todos estos años de estudio.

Y a todas esas personas que no alcance a nombrar pero que estuvieron a mi lado dándome consejo, inspiración o ejerciendo en mí algún cambio que me permitió crecer como persona.

## ÍNDICE DE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice General.....	iii
Índice de Cuadros.....	iv
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexos.....	ix
Resumen.....	xi

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pag.</b>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos .....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Características agronómicas del cultivo de Espinaca.....	4
3.1.1 Origen.....	4
3.1.2 Generalidades.....	4
3.1.3 Propiedades nutricionales. ....	4
3.1.4 Beneficios.....	4
3.1.5 Almacenamiento.....	6
3.1.6 Preparación.....	6
3.1.7 Cocción.....	6
3.2. Taxonomía.....	7
3.3. Morfología.....	7
3.3.1 Planta.....	7
<b>3.3.2</b> Raíz.....	7
<b>3.3.3</b> Tallo.....	7
<b>3.3.4</b> Hojas.....	8
3.3.5 Flor e inflorescencia.....	8
3.3.6 Semilla.....	8
3.3.7 Época de siembra.....	9
3.3.8 Recolección.....	9
3.4. Variedades.....	9
3.4.1 Skokum .....	9
3.4.2 Majestic .....	9
3.4.3 Bolero.....	10
3.4.4 Viroflay.....	10
3.4.5 Quinto.....	10
3.4.6 Tetragonía espinaca de Nueva Zelanda.....	10
3.4.7 Requerimientos nutricionales.....	11
3.5. Hidroponía.....	11
3.6. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico.....	12

<b>3.7.</b>	Métodos Hidropónicos.....	15
<b>3.7.1</b>	Cultivo hidropónico en medio líquido.....	15
3.7.1.1	Técnica de raíz flotante.....	15
3.7.1.2	Técnica de flujo de nutriente (NFT) .....	16
<b>3.7.2</b>	Cultivo hidropónico en sustrato sólido inerte.....	17
<b>3.8.</b>	Nutrición de las Plantas.....	18
3.8.1	Composición de las plantas.....	18
3.8.2	Nutrientes.....	19
3.8.3	Solución nutritiva.....	19
3.8.4	Manejo y control de la solución nutritiva.....	20
3.8.5	Duración y renovación de la solución nutritiva.....	20
3.8.6	Clasificación de fertilizantes.....	21
3.8.7	Características de los fertilizantes.....	21
3.8.8	Reacción ácida ó alcalina en el suelo ó agua.....	21
3.8.9	Higroscopicidad.....	21
3.8.10	Aglomeramiento.....	22
3.8.11	Tipos de presentación de fertilizantes.....	22
3.8.12	Quelato.....	22
3.8.13	Conductividad eléctrica.....	22
3.8.14	pH.....	23
<b>3.9</b>	Factores ambientales que influyen en el cultivo hidropónico.....	25
3.9.1	Ambientes controlados.....	25
3.9.2	Oxigenación del sistema radicular.....	25
3.9.3	Agua.....	27
3.9.4	Riego.....	28
3.9.5	Contenedor .....	28
3.9.6	Luz.....	28
3.9.7	Humedad ambiente.....	29
3.9.8	Temperatura.....	30
<b>4.</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b> .....	<b>31</b>
4.1.	Ubicación.....	31
4.2.	Suelo.....	31
4.3.	Clima promedio.....	31
4.4.	Vegetación.....	32
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
5.1.	Materiales.....	33
5.1.1	Material Biológico.....	33
5.1.2	Material Químico.....	33
5.1.3	Materiales para la construcción del almacigo, la 1ra etapa.....	34

5.1.4	Materiales para la construcción de piscinas, 2ra etapa del cultivo.....	34
5.1.5	Materiales para la construcción de la estructura en “A” .....	34
5.1.6	Materiales para la construcción del sistema de riego.....	35
5.1.7	Materiales para la construcción del sistema eléctrico.....	35
5.1.8	Materiales utilizados para la construcción.....	35
5.2.	Métodos.....	36
5.2.1	Factores en Estudio.....	36
5.2.2	Diseño y combinación de tratamientos.....	36
5.3.	Metodología.....	37
5.3.1	Primera etapa – sustrato neutro.....	37
5.3.2	Solución Nutritiva.....	38
5.3.3	Segunda Etapa - Primer Trasplante.....	40
5.3.4	Etapa final.....	40
5.3.4.1	Construcción del sistema NFT.....	40
5.3.4.2	Transplante definitivo.....	42
5.3.5	Toma de datos.....	42
5.4.	Diseño Experimental.....	44
5.5.	Análisis Estadístico.....	44
5.6.	Variables de respuesta.....	45
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
6.1.	Longitud de Hoja.....	47
6.1.1	Longitud de hoja a los 80 días después de la siembra.....	47
6.1.2	Longitud de Hoja a los 110 DDS.....	48
6.2.	Ancho de Hoja.....	49
6.1.3	Ancho de Hoja a los 80 DDS.....	49
6.1.4	Ancho de Hoja a los 110 DDS.....	51
6.3.	Numero de Hojas a la Cosecha.....	53
6.3.1	Numero de Hojas a la Cosecha a los 80 DDS.....	53
6.3.2	Numero de Hojas a la Cosecha a los 110 DDS.....	53
6.4.	Área Foliar.....	55
6.4.1.	Área Foliar a la Cosecha a los 80 DDS.....	55
6.4.2.	Área foliar a los 110 DDS.....	56
6.5.	Rendimiento.....	58
6.5.1	Rendimiento en peso planta entera/m <sup>2</sup> a 80 DDS.....	58
6.5.3	Rendimiento en peso de hojas/m <sup>2</sup> a 80 DDS.....	59
6.5.4	Rendimiento en peso total de hojas/m <sup>2</sup> a 110 DDS.....	60
6.5.5	Rendimiento en peso planta entera/m <sup>2</sup> a 110 DDS.....	61
6.5.6	Relación de rendimientos de hoja por bolsa.....	
	a los 80 y 110 DDS.....	62

6.5.7	Relación de rendimientos planta entera por bolsa a los 80 y 110 DDS.....	63
6.6.	Análisis Económico.....	64
6.6.1	Costos Variables.....	64
6.6.2	Costos Fijos.....	64
6.6.3	Beneficio Bruto.....	66
6.6.4	Relación Beneficio Neto, B/C y Rentabilidad.....	67
6.7.	Tiempo de Recuperación de inversión.....	68
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
<b>Cuadro 1.</b> Requerimiento de nutrientes para la espinaca en ppm o mg/l.....	11
<b>Cuadro 2.</b> Tolerancia de algunos cultivos a las sales.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Características del lugar de estudio.....	32
<b>Cuadro 4.</b> Formulación de sales en g para 1 m <sup>3</sup> de solución nutritiva.....	39
<b>Cuadro 5.</b> Resumen de ANDEVA para la variable longitud de hoja a 80 DDS.....	47
<b>Cuadro 6.</b> Resumen de ANDEVA para la variable longitud de hoja a 110 DDS.....	48
<b>Cuadro 7.</b> Resumen de ANDEVA para la variable Ancho de hoja a 80 DDS.....	50
<b>Cuadro 8.</b> Resumen de ANDEVA para la variable Ancho de hoja a 110 DDS.....	51
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza de la variable N° de hojas a los 80 DDS.....	53
<b>Cuadro 10.</b> Resultados de la variable numero de hojas en variedades de espinaca.....	54
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza de la variable N° de hojas a los 110 DDS.....	54
<b>Cuadro 12.</b> Área Foliar 80 días.....	55
<b>Cuadro 13.</b> Análisis de varianza de la variable área foliar a los 80 DDS.....	56
<b>Cuadro 14.</b> Área Foliar 110 DDS.....	56
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza de la variable área foliar a los 110 DDS.....	56
<b>Cuadro 16 .</b> Analisis de varianza para la variable peso planta entera a 80 DDS.....	58
<b>Cuadro 17.</b> ANDEVA para la variable peso total de hojas por canal a 110 DDS.....	59
<b>Cuadro 18.</b> ANDEVA para la variable peso total de hojas/m <sup>2</sup> .....	60
<b>Cuadro 19.</b> ANDEVA para la variable peso total/m <sup>2</sup> .....	61
<b>Cuadro 20.</b> Costos Variables.....	62
<b>Cuadro 21.</b> Costo estructura "A" .....	63
<b>Cuadro 22.</b> Costo de almacigo, piscinas y Total inversión Sistema NFT.....	66
<b>Cuadro 23.</b> Beneficio Bruto obtenido por Variedades para 100m <sup>2</sup> .....	67
<b>Cuadro 24.</b> Relación Beneficio Neto, B/C y Rentabilidad.....	68
<b>Cuadro 25.</b> Tiempo de Recuperación de inversión fija.....	68

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> Grafico de ubicación geográfica del experimento.....	31
<b>Figura 2.</b> Distribución de los tratamientos y sus repeticiones.....	37
<b>Figura 3.</b> Pirámide de Producción en “A”.....	42
<b>Figura 4.</b> Prueba de Tukey, para la variable largo de hoja de espinaca a los 80 DDS.....	48
<b>Figura 5.</b> Prueba de Tukey para la variable ancho de hoja de espinaca a los 80 DDS.....	49
<b>Figura 6.</b> Resumen de la prueba de Tukey para la variable Ancho de hoja de espinaca a los 110 DDS.....	51
<b>Figura 7.</b> Prueba de Tukey para la variable N° de hoja de espinaca a los 110DDS.....	54
<b>Figura 8.</b> Prueba Tukey de diferencia de significancia entre medias.....	57
<b>Figura 9.</b> Prueba Tukey para Rendimiento en peso planta entera/canal a 80 DDS.....	58
<b>Figura 10.</b> Prueba Tukey para la variable Peso total de hojas/canal.....	59
<b>Figura 11.</b> Prueba de medias de Tukey para el peso total de hojas/m <sup>2</sup> .....	60
<b>Figura 12.</b> Prueba múltiple de medias de Tukey para el peso total/canal....	61
<b>Figura 13.</b> Numero de bolsas/m <sup>2</sup> a 80 DDS y 110 DDS.....	62
<b>Figura 14.</b> N° de bolsas/canal a 80 DDS y 110 DDS.....	63

## **ANEXOS**

	<b>Pag.</b>
<b>ANEXO 1. VARIACIÓN DE TEMPERATURA.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO 2. COMPORTAMIENTO DE pH.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 3. VARIEDADES DE ESPINACA.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 4. DESARROLLO DE ESPINACA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO 5. ALMACIGUERA SUSTRATO NEUTRO.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 6. ALMACIGO FLOTANTE.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO 7. TOMA DE DATOS DE CONTROL.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 8. COMPONENTES DEL SISTEMA NFT.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 9. PROLIFERACIÓN DE PULGONES.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO 10. COSECHA.....</b>	<b>86</b>

## **RESUMEN**

**Renzo Alan Santana Bilbao**

El objetivo de este trabajo, fue evaluar el comportamiento de seis variedades de espinaca: Quinto, Majestic, Viroflay, New Zelanda, Scoku y Bolero.

Cultivadas con la técnica hidropónica (NFT) y determinar su comportamiento en el sistema.

Para alcanzar el objetivo planteado, se utilizo un diseño de bloques azar con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron las seis variedades de espinaca.

El experimento fue realizado en la carpa de Horticultura del Centro Experimental de Cota – cota de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés en la ciudad de La Paz.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la variedad de espinaca que mejor se adapto al sistema hidropónico NFT a los 80 días después de la siembra (DDS) fue la variedad Majestic y Quinto con un rendimiento de 1626,35 g/m<sup>2</sup> y 1572,16 g/m<sup>2</sup> respectivamente, seguida por las variedades Skokum con 1339,84 g/m<sup>2</sup> y Viroflay con 1264,96 g/m<sup>2</sup>.

Según los resultados obtenidos a 110 DDS, se presentan 3 niveles de rendimientos diferenciados: en primer lugar tenemos a la variedad Quinto con 1739,4 g/m<sup>2</sup> luego tenemos a Viroflay con 1540,7 g/m<sup>2</sup> como tercer puesto tenemos a las variedades Skokum y Bolero con 1394,1 g/m<sup>2</sup> y 1289,9 g/m<sup>2</sup> respectivamente.

Las variedades de espinaca que presentaron mayor largo de hoja a los 80 días fueron Viroflay, Majestic y Quinto con 25 cm, y a los 110 días después de la siembra fueron las variedades Quinto y Scoku con 16,9 cm y 15,37 cm de largo respectivamente.

La variedad de espinaca que presento mayor ancho de hoja a los 80 días después de la siembra, fue la variedad Viroflay con 8,93 cm de largo. Y a los 110 días fueron las variedades Scoku y Quinto, con 9,27 cm y 8,59 cm respectivamente.

La variedad New Zelanda Presento el mayor número de hojas con relación a las demás, 28,5 unidades de hoja en promedio.

Las variedades de espinaca que presento mayor área folial fue la variedad Quinto, con 1167,767 cm<sup>2</sup> a 80 DDS y 1028,65 cm<sup>2</sup> a los 110 DDS.

La variedad Skokum fue la de mayor rendimiento con relación al peso de hojas de cultivo con 798,54 g/m<sup>2</sup> a los 80 días y con 656,17 g/m<sup>2</sup> a los 110 días de la siembra.

La variedad Majestic presento la mayor velocidad de desarrollo, pudiendo ser cosechada en menos días con relación a las demás variedades.

La Variedad Quinto proporciono el mayor beneficio bruto y presenta una producción similar en las dos cosechas.

La variedad New Zelanda fue la que mostro un desarrollo menos apto para este sistema, siendo la de menor producción, menor tamaño, y mayor tiempo de desarrollo dentro el sistema NFT, proporcionando el menor Beneficio Bruto.

El de mayor aprovechamiento monetario se obtuvo de la producción de la variedad Quinto con una rentabilidad de 60,4%; siendo así su tiempo de recuperación de inversión 9 meses.

## 1. INTRODUCCIÓN

La horticultura en la actualidad se constituye como la actividad productiva más importante bajo carpa solar o ambientes atemperados, donde están controladas tanto la humedad como la temperatura pues tienen un rápido retomo económico y se logra producir de forma intensiva; por otra parte el mercado es cada vez más competitivo y exigente lo cual incrementa la necesidad de obtener hortalizas de bajo costo, entre las cuales una de más conocidas es la espinaca.

La espinaca (*Spinacea oleracea*) es uno de los cultivos que en los últimos años ha incrementado su consumo a nivel mundial, logrando ocupar un importante nicho del mercado si es manejada bajo un sistema de producción orgánica; sin embargo, no se podrá avanzar más en este campo si no se realizan investigaciones sobre el tema, y los posibles beneficios o limitaciones de este sistema de producción, en cultivos altamente exigente en nutrientes (Dávila, 2010).

La espinaca es muy apetecida por sus cualidades dietéticas y por poseer un sabor característico. Presenta un alto contenido de vitaminas como la A, C y E, todas ellas de acción antioxidante. Asimismo, es muy buena fuente de vitaminas del grupo B, rica en calcio, hierro, magnesio, potasio, sodio y además presenta también buenas cantidades de fósforo y yodo (Eroski, 2001).

La producción obtenida a través de la técnica hidropónica es capaz de superar a la producción obtenida a través del cultivo en tierra, ya que el agotamiento de la tierra por monocultivo, la incidencia de enfermedades, el espacio extenso y la necesidad de mucha mano de obra, inciden en buscar esta alternativa de producción.

### 1.1. Antecedentes

El cultivo de las plantas sin tierra (Hidroponía) es una técnica utilizada a nivel mundial; desde hace 47 años atrás ocupa un lugar importante dentro de la horticultura con una base científica y comercial, en la actualidad existen grandes invernaderos con cultivos hidropónicos en diversas zonas climáticas donde se obtienen mayores rendimientos,

este sistema se adapta a varias condiciones ecológicas con el fin de obtener verduras frescas permanentemente.

Hay muchos ejemplos como éste; los Jardines Colgantes de Babilonia eran hidropónicos porque se alimentaban de agua que fluía por unos canales. Esta técnica existía en la antigua China, India, Egipto, también la cultura Maya la utilizaba, y hoy en día se tiene como referencia a una tribu asentada en el lago Titicaca y es igualmente utilizada comercialmente, desarrollándose a niveles muy elevados, en países con limitaciones serias de suelo y agua. Por ejemplo, es un hecho poco difundido que durante la segunda Guerra Mundial los ejércitos de USA en el pacífico se abastecían en forma hidropónica, lo cual le dio un gran auge hoy en día al sistema y los japoneses, por falta de espacio y de agua, desarrollaron la tecnología norteamericana a niveles asombrosos.

## **1.2. Justificación**

La hidroponía es una clara alternativa al problema de la escasez de tierras agrícolas y de agua en nuestro medio, dado los principios científicos y técnicos en los cuales se basa que la convierten en una tecnología operativamente sencilla, funcionalmente viable y fácilmente aplicable a la solución de problemas de producción de alimentos, ya que los rendimientos por unidad de área cultivada son superiores a un cultivo en campo al permitir altas densidades de siembra y elevada producción por planta (Catacora, 1996).

La técnica NFT o técnica de flujo de nutriente en sistemas hidropónicos, es una de las técnicas con lo cual se puede lograr una alta densidad de plantas, alto aprovechamiento del espacio capaz de mecanizarse y adaptarse a regiones limitadas de precipitación, suelos no aptos para la agricultura y de climas adversos, por lo cual es una estrategia productiva de importancia para las zonas rurales del Altiplano y Valles de nuestro país.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar el comportamiento agronómico de seis variedades de espinaca en condiciones hidropónicas con la técnica de flujo laminar de nutrientes “NFT” en el Centro Experimental de Cota-Cota La Paz.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar seis variedades de espinaca (Viroflay, New Zelanda, Skokum, Quinto, Majestic, Bolero) cultivadas bajo condiciones hidropónicas en el sistema NFT.
- Determinar cuál de las seis variedades de espinaca tiene mejor rendimiento en peso fresco.
- Realizar el análisis económico parcial de la producción de espinaca con la técnica hidropónica NFT.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Características agronómicas del cultivo de Espinaca**

##### **3.1.1 Origen**

La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia, pero únicamente a partir del siglo XVIII comenzó a difundirse por Europa y se establecieron cultivos para su explotación, principalmente en Holanda, Inglaterra y Francia; se cultivo después en otros países y más tarde pasó a América (Infoagro, 2005).

##### **3.1.2 Generalidades**

La espinaca es una planta hortícola herbácea, de hojas comestibles, que se destaca sobre todo por presentar un alto contenido de vitaminas como la A, C y E, todas ellas de acción antioxidante. Así mismo, es muy buena fuente de vitaminas del grupo B (Eroski, 2001).

##### **3.1.3 Propiedades nutricionales.**

Compuesta mayormente por agua, su cantidad de hidratos de carbono y grasa es muy baja; es uno de los vegetales que mas proteína contiene, es rica en fibra especialmente los tallos (Gorini, 2000).

Es una excelente fuente de vitaminas y minerales, dentro de los minerales se destacan el calcio, hierro potasio magnesio manganeso y fosforo. En cuanto al contenido de vitaminas la espinaca es rica en vitamina a, c, e, k, como así vitaminas del grupo b como se b6, b2, b1, b9, y acido fólico; así mismo contiene sustancias antioxidantes como los flavonoides y carotenoides la luteína y la saxantina, neoxantina, también es una buena fuente ácidos grasos omega 3 (Gorini, 2000).

##### **3.1.4 Beneficios**

Entre los beneficios para nuestra salud podemos decir que promueve el transporte y deposito de oxigeno en los tejidos.

La espinaca es una excelente fuente de hierro que forma parte del grupo emoglem que forma parte de la hemoglobina y la mioglobina estas son proteínas que transportan y almacenan oxígeno en nuestro organismo, la hemoglobina proteína de la sangre transporta el oxígeno desde los pulmones hacia el resto del organismo, la mioglobina juega un papel fundamental en el transporte y almacenamiento de oxígeno en las células musculares regulando el oxígeno de acuerdo a la demanda de los músculos cuando entran en acción aumenta la fuerza muscular (Wanamey, 2003).

Los nitratos presentes en la espinaca son los responsables de aumentar la fuerza en los músculos, ayuda a bajar de peso, es ideal para ser incluida en un plan de comidas para reducir de peso debido a su bajo contenido calórico y su gran aporte nutricional, favorece el tránsito intestinal, la fibra que contiene promueve el buen tránsito intestinal, y a la vez causa sensación de saciedad ideal para adelgazar (Wanamey, 2003).

Interviene en el transporte de energía en todas las células a través de unas enzimas que tienen cito cromos y hierro en su composición, ayuda a prevenir enfermedades debido a la acción de sustancias antioxidantes especialmente la vitaminas a y c que previene el daño celular causado por radicales libres, reduce el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares enfermedades degenerativas y el cáncer, previene la esclerosis ya que estos antioxidantes en forma conjunta evitan que el colesterol se oxide, formando el colesterol malo (Wanamey, 2003).

El jugo de espinaca fresca es un muy eficaz y un gran diurético debido a la acción combinada de nitratos de potasio. Se puede administrar con seguridad en casos de cistitis, nefritis y orina escasa, y en procesos de rehidratación (Produmedios, 2002).

Beneficia a mujeres embarazadas y niños debido a su contenido de ácido fólico y vitamina b9, mejora la visión, la vitamina A a través de un derivado llamado 11 cis-retinal se combina con la oxina y forma la rodopsina en los bastones de la retina, los bastones son células foto receptoras de la retina responsables de la visión a baja luminosidad, la deficiencia de vitamina A y como consecuencia la falta de síntesis de rodopsina

causa ceguera nocturna a su vez la presencia de luteína y xansantina por su acción antioxidante, protege contra el desarrollo de cataratas (Culturizando, 2012).

Resientes investigaciones han descubiertos que estos carotenoides son solubles en grasa por eso el consumo de espinaca acompañado de algún alimento rico en grasas como el huevo o frutos secos favorece la absorción de estos nutrientes, mantiene la presión arterial balanceada gracias a los minerales Magnesio y Potasio que contiene, además su alto contenido de potasio y la poca cantidad de sodio favorece la eliminación de líquidos en exceso de nuestro organismo, favoreciendo a personas que padecen de hipertensión (Culturizando, 2012).

### **3.1.5 Almacenamiento**

Debido a que la espinaca es un vegetal delicado se recomienda guardado en la heladera para mantener sus propiedades nutricionales y su sabor o guardarla en bolsas plásticas antes de refrigerarlas sacando la mayor cantidad de aire posible, no lavarlas antes de guardarlas ya que el agua las arruinara, si se almacena correctamente la espinaca puede durar alrededor de 5 días (Wanamey, 2003).

### **3.1.6 Preparación**

La espinaca debe lavarse antes del consumo, descartar las hojas que estén dañadas, cortar dos a tres centímetros del final del tallo, se pueden cocinar junto con las hojas en el caso de que sean grandes (Zonadiet, 2013).

### **3.1.7 Cocción**

La mejor es servirla en forma rápida con una cocción de un minuto en agua, no hervir por largo tiempo ya que perderá gran parte de nutrientes (Zonadiet, 2013).

### 3.2. Taxonomía

Santafeagro (2011), describe taxonómicamente a la espinaca de la siguiente manera:

Orden:	Caryophyllales
Familia:	Chenopodaceae
Género:	Spinacea
Especie:	Oleracea
Nombre Científico:	<i>Spinacea oleracea</i> L.
Nombre vulgar:	Espinaca

### 3.5. Morfología

#### 3.3.1 Planta

Es una planta herbácea de ciclo de vida anual, aunque según su variedad pueden realizarse también recolecciones trimestrales (Jiménez y Valero, 2010).

En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo, de las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas (Infoagro, 2005).

#### 3.3.5 Raíz

Es Pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial (Infoagro, 2005).

Tiene una raíz principal que alcanza de 15 a 20 cm de profundidad en el suelo (Jiménez y Valero, 2010).

#### 3.3.6 Tallo

Hace parte de la conformación de las hojas. Alcanza entre 30 y 100 cm. A partir de este, se forman las hojas en forma de roseta (Jiménez y Valero, 2010).

Erecto de 30 cm a 100 cm de longitud, en el que se sitúan las flores (Gorini, 2000).

### **3.3.7 Hojas**

Son caulíferas, alternas y pecioladas, el pecíolo es cóncavo y muchas veces rojo en su base, cuya longitud muy variable entre las variedades cultivadas, va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo (Gorini, 2000).

Tiene un pecíolo largo, crecen de forma alterna en el tallo y son de color verde intenso y oscuro; no hay una forma establecida para la planta, pues esta depende del método de siembra (Jiménez y Valero, 2010).

### **3.3.5 Flor e inflorescencia**

Las flores masculinas, están agrupadas en número de 6 - 12 en las espigas terminales o axilares, presentan color verde y están formadas por un periantio con 4 a 5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio bi o tetra dentado, con ovarios un ovulares, estilo único y estigma dividido en 3 - 5 segmentos (Gorini, 2000).

Las flores son de color blanco o verde amarillento. No son de interés en el cultivo de la espinaca, por lo que por medio de la luminosidad y la temperatura se limita su formación (Jiménez y Valero, 2010).

### **3.3.6 Semilla**

Las semillas lenticulares, son restos de las flores, de aspecto coriáceo membranosas inermes o espinosas, de color gris verdoso (lo que generalmente se vende como semilla es en realidad el fruto aquenio). Estos revestimientos aunque favorecen la gran vitalidad de la semilla, inciden desfavorablemente sobre la velocidad y regularidad de germinación, al impedir la penetración de la humedad necesaria a los procesos germinativos (Gorini, 2000).

Generalmente, las semillas de dos años presentan una germinación más rápida y regular que las de solo un año. La superficie de la semilla es rugosa, característica que destaca más al envejecer (Gorini, 2000).

### **3.3.7 Época de siembra**

Valdéz (1990), Indica que la espinaca se puede explotar durante todo el año donde se debe tomar en cuenta el foto periodo largo y temperatura adecuada.

Es más resistente al frío, por lo que se aprovecha esta característica siendo muy producida en época de invierno (Infoagro, 2005).

### **3.3.8 Recolección**

Existen diversos procedimientos de recolección manual que permite varios cortes, aunque exige numerosa mano de obra, también se la puede cosechar como planta entera esto dependerá de las exigencias del mercado y la forma de embasamiento (Gorini, 2000).

## **3.6. Variedades**

La popularidad de la espinaca en el mundo es alta, de manera que se han obtenido diversas variedades cultivables que se adaptan a distintas condiciones ambientales y de mercado (Jiménez y Valero, 2010).

Las variedades disponibles son muy numerosas, además de existir muchos híbridos, se las puede clasificar de acuerdo a algunos aspectos como: época de siembra, forma de las hojas, aspecto del cogollo y del tallo. A continuación se señalan las utilizadas durante el experimento (Agroalimentación, 2009).

### **3.4.1 Skokum**

Variedad híbrida muy resistente a la subida de flor, de porte semi-postrado con hojas de color verde oscuro (Rocalba, 2012).

### **3.4.2 Majestic**

Es una variedad híbrida muy precoz, presenta una subida de flor mas temprana, produce hojas lanceoladas, anchas con peciolo largo de color verde intenso, es resistente al virus del mildiu (Rocalba, 2012).

### **3.4.3 Bolero**

Bolero es una variedad híbrida de excelentes aptitudes tanto para mercado en fresco como en la agroindustria (Rocalba, 2012).

Presenta un color verde oscuro muy atractivo, con hojas de textura suculenta y suave; su precocidad y alto rendimiento, la convierten en la variedad líder del mercado. Su ciclo promedio es de 65 días, tiene una resistencia a 4 razas de downy mildiu, su época de producción es otoño – invierno (Rocalba, 2012).

### **3.4.4 Viroflay**

Variedad híbrida de crecimiento rápido. Produce grandes hojas de color verde oscuro, brillantes y carnosas, que tienen forma aflechada partida. Adaptada para la época otoño-invierno (Rocalba, 2012).

### **3.4.5 Quinto**

Híbrido de Hojas largas, de forma aflechadas, de alta productividad, con una alta resistencia a la subida de flor, de hojas verde oscuro de buen aspecto (Rocalba, 2012).

### **3.4.6 Tetragonía espinaca de Nueva Zelanda**

Planta parecida a la espinaca, de género (*Tetragonia tetragonioides*), también llamada espinaca de Nueva Zelanda.

Las diferentes especies de *Tetragonia tetragonioides* prefieren un ambiente húmedo para crecer. Sus hojas tienen de 3 a 15 cm de largo, de forma triangular, color verde brillante, gruesas y están cubiertas con diminutas vellosidades tanto en el haz como en el envés (Rocalba, 2012).

Sus flores son de color amarillo y el fruto es una pequeña cápsula dura cubierta con pequeños cuernos. La planta es halófila, es decir, crece bien en terrenos con altos niveles de sal. Se cultiva principalmente por sus hojas comestibles aunque también puede ser utilizada como planta ornamental para cubrir el suelo. Aunque pertenecen a

géneros diferentes, su sabor y textura son similares a los de las espinacas por lo que también se cocinan de forma parecida (Rocalba, 2012).

### 3.4.7 Requerimientos nutricionales

Según Resh (2005) y también mencionado por la “Guía del huerto hidropónico” del Perú (2000). Los requerimientos nutricionales para cultivos hortícolas de hoja de porte bajo se encuentran en la siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Requerimiento de nutrientes para la espinaca en ppm o mg/l.**

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Mo</b>
200	50	210	200	50	113	5	0,5	0,1	0,1	0,5	0,05

Fuente: Resh (2005)

### 3.5. Hidroponía

Según Rodríguez *et. al.*, (2002), hidroponía es un término que tiene raíces griegas: "Hydro" = agua y "ponos" = trabajo; y sencillamente significa "trabajo en agua". Este término fue acuñado en 1930 por el profesor William Gericke de la Universidad de California.

El término "hidroponía" es usado sólo para describir sistemas basados en agua. Pero en el sentido más amplio, el término es el de “cultivo sin suelo”. Por lo tanto, "un sistema hidropónico o cultivo sin suelo, es un sistema aislado del suelo”, utilizado para cultivar diversos tipos de plantas de importancia económica.

El crecimiento de las plantas es posible por un suministro adecuado de todos sus requerimientos nutricionales a través del agua con solución nutritiva. El cultivo hidropónico o cultivo sin tierra, es una forma de producir verduras frescas y sanas en lugares en donde no es posible desarrollar agricultura, como complemento de la dieta familiar (Catacora, 1996).

Rodriguez *et. al.*, (2002), indica que los cultivos sin suelo, también denominados cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la Agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal

asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas.

Según Huterwal (1991), con el método hidropónico la planta debe encontrar mismas condiciones ambientales que le ofrece la naturaleza con lo cual reacciones químicas en el interior del tejido vegetal quedan facilitadas. De ahí la importancia esencial de la solución nutritiva artificial que la planta absorberá sin esfuerzo, sin necesidad de que sus raíces se extiendan largamente lo que evita gasto de energía lo que la planta economiza y podrá destinar a superar desarrollo.

Todo esto se hace posible por la relación entre la planta y sus elementos o nutrientes. No es tierra lo que la planta necesita; son las reservas de nutrientes, y humedad contenidos en la tierra, así como el apoyo que la tierra da a la planta. Cualquier medio de crecimiento dará un apoyo adecuado, y al suministrar nutrientes a un medio estéril donde no hay reserva de estos es posible que la planta consiga cantidad precisa de agua y nutrientes que necesita (Sánchez, 2004).

### **3.6. Ventajas y Desventajas del Cultivo Hidropónico.**

Para poder comenzar a trabajar bajo un sistema hidropónico es necesario tener en cuenta todas las ventajas y desventajas con las que cuenta.

Sánchez (2004), menciona las siguientes ventajas y desventajas:

#### **a) Ventajas del cultivo hidropónico.**

La hidroponía presenta una serie de ventajas tanto en lo técnico como en lo económico, con respecto a otros sistemas de producción como describe (Sánchez, 2004).

- Permite un cultivo libre de parásitos, bacterias hongos y contaminación.
- La incidencia de malezas es nula o casi nula
- La incidencia de problemas radicales causados por plagas y enfermedades disminuye.
- Permite producir cosechas fuera de estación.

- Al ser un sistema cerrado, en donde el drenaje es reutilizado, se puede conseguir un ahorro de agua de hasta un 90%.
- Por el hecho de tener controlado dicho drenaje se evita la contaminación del suelo y acuíferos.
- Se puede realizar en terrenos desérticos, áridos y pedregosos no apto para cultivo tradicional.
- Permite una mayor densidad de plantas por metro cuadrado
- Se ahorra en fertilizantes e insecticidas.
- Se evita el manejo de maquina agrícola (tractores, rastras, etc.).
- El sistema permite una fácil limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Existe una mayor precocidad de los cultivos y mayor potencial productivo, debido a que la planta cuando toca la solución nutritiva, consume menos energía para su desarrollo.
- Existe un alto porcentaje de automatización.
- se corrige fácil y rápidamente la deficiencia nutricional,
- Se prevé una rápida recuperación de la inversión.
- Se puede cultivar en ciudades, zonas áridas o frías
- Se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo por tanto el desarrollo del cultivo.
- La nutrición esta mucho más controlada que en los sistemas de cultivo en suelo.
- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- El uso de agua potable o de pozo, garantiza que el cultivo hidropónico sea un producto libre de contaminación y de enfermedades.
- No requiere de rotación de cultivos para evitar una infestación de nematodos en las raíces, se trabaja de forma intensiva y continuamente con monocultivo.
- Se utiliza menos mano de obra al suprimir los trabajos de incorporación de abonados de fondo, preparaciones de suelo y eliminación de malas hierbas, mejorando y facilitando en general las condiciones de trabajo.

- El precio de las hortalizas hidropónicas es mayor, posee un valor agregado por su procedencia.

### **b) Desventajas del cultivo hidropónico.**

Antes de iniciar un proyecto hidropónico, es importante conocer el manejo agronómico del cultivo porque, muchos proyectos, sobre todo aquellos con "llave en mano", han fracasado debido a las falsas expectativas de altos retornos que ofrecían las empresas proveedoras, sin tener en cuenta el conocimiento de las plantas, plagas y enfermedades.

La hidroponía es una tecnología atractiva, frecuentemente sobre simplificada, la cual es más fácil de promover que de sostener. Desafortunadamente, los fracasos que han ocurrido en EEUU exceden grandemente a, los éxitos, debido a la inexperiencia o a la falta de apoyo técnico y científico". Entre las desventajas podemos considerar:

- El costo inicial de implementación es elevado.
- Es necesario un conocimiento técnico de las plantas como también del sistema hidropónico para poder operarlo correctamente.
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse rápidamente debido al sistema de riego re circulante.
- La materia orgánica y los animales benéficos del suelo están ausentes.
- Las variedades de plantas disponibles no son siempre las mejores.
- Se debe tener sumo cuidado con las soluciones de nutrientes para no ocasionar alteraciones en el crecimiento de las plantas ya sea por excesos o deficiencias nutricionales.
- Se debe tener mucho cuidado cuando se trata del control de factores ambientales como el pH, la temperatura, la humedad, etc. Puesto que el mal manejo de alguna puede ocasionar la pérdida del cultivo.
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos.

### **3.8. Métodos Hidropónicos**

Existen diferentes métodos o sistemas de producción hidropónica, desde los más simples, de trabajo manual, hasta los más sofisticados, donde un alto grado de tecnología y automatización son los protagonistas del funcionamiento, lo que se traduce también en una alta inversión (Alvarado *et. al.*, 2001).

Duran (2000), agrega que dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: cultivos en sustrato, cultivos en agua y cultivos en aire (aeropónicos).

Sin embargo, Rodríguez *et. al.*, (2002), enfatizan que los sustratos a utilizar deben cumplir con la condición de ser químicamente inertes además de cumplir con otras propiedades físicas.

Alvarado *et. al.*, (2001), señalan que los métodos de cultivos, más utilizados son: cultivos en agua como raíz flotante y el "NFT" (*Nutrient Film Technic*), sistemas de columnas, aeroponía, entre otros.

#### **3.7.3 Cultivo hidropónico en medio líquido.**

Según Resh (2005), es aquel en el que mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutriente disuelto) sin ningún tipo de sustrato sólido. Las raíces están sumergidas en solución nutritiva en movimiento o estacionadas, en la cual se regulan constantemente el pH, aireación y concentración de sales.

##### **3.7.1.1 Técnica de raíz flotante**

La producción de hortalizas bajo este sistema consiste en que las raíces están sumergidas en solución nutritiva, las plantas se encuentran en planchas de poliestireno expandido que flotan sobre el agua con la solución nutritiva en donde la plancha actúa como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas, y muy importante para lograr una buena producción es airear la solución nutritiva en forma manual o mecánica (Duran, 2000).

Alvarado *et al.* (2001), señalan que es un sistema de cultivo muy utilizado en los proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, y agrega a lo anterior de que la aireación debe efectuarse por lo menos dos veces al día, independiente del método a utilizar, ya que esta acción permite redistribuir los elementos y oxigenar la solución.

### **3.7.1.2 Técnica de flujo de nutriente (NFT).**

Para Resh (2005), una variante es la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz; está es llamada técnica de película nutriente (NFT, en inglés). El pionero de esta técnica fue Allen Cooper, en el Glasshouse Crops Reserch Institute, en Litlehampton (Inglaterra) en 1965. El término Nutrient Film Technique fue utilizado en dicho Instituto para remarcar que la profundidad del flujo del liquido que pasaba a través de las raíces de las plantas debía ser muy pequeño (laminar), para que de esta forma siempre pudieran disponer del oxígeno necesario.

Carrasco e Izquierdo (1996), señalan que no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado.

Duran (2000), agrega que el sistema consiste en re circular la solución por una serie de canales de Cloruro de Polivinilo (PVC) de un diámetro de 3 a 4 in, el agua junto con la solución nutritiva circula por medio de los tubos mediante una bomba, los tubos están apoyados sobre mesas o armazón, y tiene un ligera pendiente que facilita la circulación de la solución, la que posteriormente es recolectada y almacenada en un tanque, la cual es re circulada nuevamente.

Esta lámina, idealmente, no debería alcanzar una altura superior a los 4 ó 5 mm, para favorecer así la aireación de la solución y de las raíces (Carrasco, 1997).

El flujo recomendado para esta técnica hidropónica de cultivo es de aproximadamente 2 L/min. Este caudal permite que las raíces de las plantas posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes.

La pendiente longitudinal de los canales de cultivo permite el retorno de la solución nutritiva al estanque colector. Generalmente esta oscila aproximadamente en un 2% (Carrasco, 1997).

Esta técnica puede establecerse ya sea al aire libre, como también bajo condiciones de invernadero. Es recomendable que el invernadero ó el lugar donde se colocó el sistema este cercano a la fuente de agua y a la eléctrica (Rodríguez *et. al.*, 2002).

La ventaja que destaca la técnica NFT en relación a otros sistemas hidropónicos, es la alta calidad obtenida de diferentes productos hortícolas, en un corto período de cultivo, como también en rendimiento. La constante oferta de agua y elementos minerales permite a las plantas crecer sin estrés y obtener el potencial productivo del cultivo. La desventaja que ésta técnica pueda tener es que requiere de una mayor inversión (Rodríguez *et. al.*, 2002).

El desarrollo de la técnica NFT, ocurrido en los países del hemisferio norte, ha requerido invertir en materiales y equipos de alto costo, lo que limitó su aplicación en América Latina y el Caribe. Sin embargo, actualmente, es posible lograr implementar ésta técnica de cultivo con insumos de menor precio, a través de la utilización de la madera, diferentes tipos de plástico (PVC, poliestireno, poliuretano) y bombas de agua de costo reducido, además actualmente las sales fertilizantes de alta solubilidad requeridas para la preparación de la solución nutritiva se encuentran en el mercado local (Rodríguez *et. al.*, 2002).

#### **3.7.4 Cultivo hidropónico en sustrato sólido inerte.**

Es utilizado para referirnos al cultivo en sustratos sólidos más o menos inertes, porosos a través de los cuales se hace circular la solución nutritiva. Se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más usado en muchos países; en esta forma de cultivo donde se usa también la tierra como en el sistema de riego por goteo, en lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato el cual es completamente inerte y se utiliza como un medio de sostén para las plantas,

permitiendo que estas tengan suficiente humedad y el espacio necesario para un adecuado desarrollo radicular (Sánchez, 2004).

No hay un sustrato ideal para usar en hidroponía ya que dependerá de la especie vegetal, condiciones de clima, tamaño y forma del contenedor, riego, fertilización, aspectos económicos y experiencia local. Entre los sustratos más usados se mencionan: arena, gravilla, perlita, lana de roca, piedra pómez, cascarilla de arroz, aserrín y turba (INIA, 2000).

### **3.8. Nutrición de las Plantas.**

#### **3.8.1 Composición de las plantas**

De acuerdo a Resh (2005), de los 108 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas, no obstante muchos de estos no se consideran esenciales para el crecimiento, solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

Según Resh (2005), la composición de la materia fresca de las plantas incluye cerca de un 80 a 90% de agua. El exacto porcentaje de esta dependerá de su especie, así como de la turgencia de la planta en el momento de la toma de muestra, la cual será el resultado de la hora del día, de la cantidad de humedad existente en el suelo, de la temperatura, de la velocidad del viento y de otros factores, a causa de la variabilidad del peso en fresco de las plantas.

Aproximadamente el 90% del peso en seco de la mayoría de las plantas está formado por 3 elementos: carbono, oxígeno e hidrógeno. El agua proporciona hidrógeno y oxígeno, el cual también proviene del dióxido de carbono de la atmósfera, al igual que el carbono, si solamente el 15% del peso en fresco de una planta es la materia seca, y el 90% de ésta estará representado por carbono, oxígeno e hidrógeno, por lo tanto los otros elementos que existen en la planta serán aproximadamente por 1,5% del peso fresco de ella (Resh, 2005).

### 3.8.2 Nutrientes

De acuerdo a Resh (2005), solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas.

Para el mismo autor Resh (2005), estos están divididos entre macro nutrientes (macro elementos), aquellos requeridos relativamente gran cantidad por las plantas, y los micro nutrientes (elementos menores), aquellos que son necesitados en menor cantidad. Los macro elementos incluyen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio calcio, azufre y magnesio y los micro elementos incluyen hierro, cloro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno.

### 3.8.3 Solución nutritiva

Una solución de nutrientes consta de todos estos elementos esenciales para suministrar a los cultivos hidropónicos, con el fin de darles los requerimientos necesarios para el desarrollo vegetativo.

Howard (2001), afirma que una formulación óptima de nutrientes depende de las siguientes variedades:

- Especie y variedad de la planta.
- Estado de desarrollo de la planta.
- Parte de la planta a ser cosechada.
- Estación — duración del día.
- Clima — temperatura, intensidad de la luz, hora e iluminación del sol.

Estrada (2001), indica que la cantidad de cualquier mineral presente en una solución nutritiva es medida en partes por millón (ppm); es exactamente lo mismo que medir en mg/L o g/1000 L.

La solución nutritiva se puede preparar a través de soluciones concentradas o stock, una solución concentrada contiene varios nutrientes en altas concentraciones y no pueden ser suministrados directamente a las plantas. Se toman pequeños volúmenes de la solución concentrada para preparar la solución nutritiva (Rodríguez *et. al.*, 2002).

No existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular ya que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular, depende de la parte de la planta que se va cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Bautista, 2000).

Carrasco (1996), confirma que la formulación concentrada se separa en dos soluciones concentradas, denominada Solución Concentrada "A" y Solución Concentrada "B". El propósito de separar los fertilizantes en dos grupos, se basa en reacciones de ciertas sales que forman compuestos de muy baja solubilidad y por lo tanto precipitan, así se mezclan en las soluciones concentrada nitrato de calcio y sulfato de magnesio, se obtendrá un precipitado de sulfato de calcio.

Howard (2001), indica que las formulaciones de nutrientes están compuestas normalmente de diferentes niveles según los estados de desarrollo de las plantas en las cuales se utilicen.

Las soluciones nutritivas concentradas, contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas. Si cualquiera de los elementos de las soluciones se agrega al medio en proporciones inadecuadas, estos efectos pueden ser tóxicos para la planta (Sánchez, 2004).

#### **3.8.4 Manejo y control de la solución nutritiva**

Las cantidades de solución concentrada A y B que se agregan, dependerá del volumen de agua que almacena el tanque. Es necesario medir diariamente en la solución nutritiva el pH y la C.E. para cuidar las concentraciones de sales y la disponibilidad de nutrientes.

#### **3.8.5 Duración y renovación de la solución nutritiva**

La vida útil de la solución nutritiva dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y del nivel de agua que se tenga.

Si las plantas son de la misma edad en el sistema de producción, la solución nutritiva

puede renovarse cada 2-3 semanas, pero cuando se tienen producciones escalonadas dependientes de un solo tanque y electro bomba, con plantas de diferentes edades, se deberá renovar totalmente la solución nutritiva (principalmente el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio) que son absorbidos más rápidamente por las plantas que están a punto de ser cosechadas que las recién trasplantada (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.6 Clasificación de fertilizantes**

Los fertilizantes simples son los fertilizantes químicos ó físicos que contienen un solo nutriente, ejemplo: La urea o el triple superfosfato (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

Los fertilizantes compuestos son los fertilizantes químicos o físicos que contienen dos ó más nutrientes, ejemplo: nitrato de potasio, sulfato de potasio (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.7 Características de los fertilizantes**

Conociendo la concentración por unidad de fertilizante, se puede calcular fácilmente la cantidad que se debe aplicar para satisfacer una demanda del nutrimento de que se trate (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.8 Reacción ácida ó alcalina en el suelo ó agua**

La acidez, alcalinidad ó neutralidad de los fertilizantes, se refiere a la reacción final de ellos en el suelo incluyendo su influencia en los cambios de pH de la solución del suelo. Si aumenta el pH será de reacción alcalina, si disminuye los valores de pH será de reacción ácida y si no tiene un efecto sobre este parámetro del suelo, será de reacción neutra (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.9 Higroscopicidad**

Es la capacidad de ciertas sustancias de absorber el agua ó la humedad relativa del ambiente. Esta característica se asocia comúnmente con la aglomeración ya que al absorber agua las partículas se solubilizan y al secarse se unen entre sí, dando como

resultado final el aterronamiento (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.10 Aglomeramiento**

Es el producto final de la higroscopicidad, se evita usando envases con polietileno para que no penetre la humedad y su almacenamiento debe realizarse en lugares secos y ventilados (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.8.11 Tipos de presentación de fertilizantes.**

Existen muchas formas en las cuales se pueden presentar los fertilizantes sólidos, los cuales pueden ser en gránulos y polvos o en forma de gases y líquidos.

### **3.8.12 Quelato**

Es una palabra griega que significa garra. Se utiliza para neutralizar la carga positiva del micro nutriente, con lo cual hace que pierdan su actividad química y por lo tanto puedan ser usados en el suelo, de forma foliar (Estrada, 2001).

Dentro de la planta, las enzimas descomponen el quelato y sacan los elementos para que ejerzan su función en el metabolismo de la misma (Estrada, 2001).

### **3.8.13 Conductividad eléctrica**

Según Álvarez (1999), la conductividad eléctrica se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica.

Según Resh (2005), la conductividad eléctrica es el indicador del contenido de sales totales que hay en la solución; a mayor contenido de sales mayor CE y viceversa.

Las plantas van consumiendo los nutrientes proporcionados, lo cual significa que la conductividad eléctrica también irá descendiendo hasta que la solución ya no

contenga la cantidad necesaria de sales necesaria para el crecimiento de las plantas, por lo tanto será necesario el cambio o el aumento de nutrientes (Resh, 2005).

Por otro lado Rodríguez *et. al.*, (2002) menciona que se pueden usar aguas salinas bajo cierta restricciones sólo debe destinarse a cultivos tolerantes a sales. Cuando se agregan fertilizantes a las soluciones concentradas para preparar la solución nutritiva, la CE de la solución no debería exceder de 2.0 mS/cm de lo contrario el crecimiento de las plantas podría verse afectado principalmente en cultivos que son sensibles a las sales.

Si la CE está por encima del rango óptimo se debe adicionar solo agua para diluir la concentración de sales.

Ya que una solución nutritiva es una mezcla de diferentes sales, donde cada sal contribuye al valor de CE de la solución. Algunas sales como el nitrato de potasio, incrementan más el valor de CE de una solución que otras sales como el nitrato de calcio ó sulfato de magnesio (Rodríguez *et. al.*, 2002).

En el cuadro 2 se anotan algunas especies hortícolas y su tolerancia a las sales.

**Cuadro 2 Tolerancia de algunos cultivos a las sales.**

<b>Tolerantes</b>	<b>Semi-tolerantes</b>		<b>Sensibles</b>
<b>Espárrago</b>	Acelga	Cebolla	Berro
<b>Espinaca</b>	Albahaca	Coliflor	Fresa
<b>Melón</b>	Apio	Papa	Lechuga
<b>Pepinillo</b>	Betarraga	Pimiento	
<b>Sandia</b>	Brócoli	Rábano	
<b>Tomate</b>		Zanahoria	

Fuente: Rodríguez *et. al.*, 2002

### 3.8.14 pH

La mayor parte de las plantas trabajan bien en soluciones nutritivas con pH comprendidos entre 5 y 7, en los cultivos hidropónicos generalmente se trabaja con pH de 5,5 a 5,8, puesto que en dicho rango de pH se encuentran mejor disueltos los iones, especialmente el fósforo y los micro elementos (Baixauli, 2002).

El pH actúa manteniendo los iones solubles para la planta y por tanto, mejorando la nutrición. Valores extremos pueden provocar la precipitación de los iones. Con un pH superior a 7,5 puede verse afectada la absorción de fósforo, de hierro y de manganeso, la corrección del pH puede evitar los estados carenciales (Baixauli, 2002).

El valor de pH a utilizar en la solución nutritiva debe permitir una buena asimilación de los nutrientes, evitando posibles fitotoxicidades y precipitados. Por encima de pH 7 la mitad del hierro se encuentra no disponible para la planta formando  $\text{Fe(OH)}$  precipitado, a no ser que el hierro se encuentre en forma de quelato. Por debajo de 6,5, el hierro se encuentra disuelto. El manganeso también ve reducida su solubilidad con niveles de pH altos (Baixauli, 2002).

Según Baixauli (2002), el nivel óptimo aconsejado para el manejo sin suelo de hortalizas en la disolución del sustrato se sitúa en valores comprendidos entre 5,5 y 6,8, que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes.

Los cambios de pH en la solución ocurren a medida que cambia el balance de nutrientes, debido a que algunos elementos minerales son mejor absorbidos por las plantas a diferentes rangos de pH, en un cultivo de espinaca en un sistema de raíz flotante, inicialmente el pH de la solución nutritiva tiende a elevarse ( $> 7.0$ ), pero a medida que las plantas empiezan a establecerse y a absorber mayores cantidades de nutrientes, el pH tiende a bajar entre 5.0 - 6.5 (Rodríguez; *et. al.*, 2001).

Esto indica que una vez que las plantas han empezado una fase de rápido crecimiento, los nutrientes absorbidos por las raíces son aquellos que contribuyen a mantener ligeramente ácida la solución nutritiva. Cuando las plantas remueven iones positivos (Cationes de calcio " $\text{Ca}^{+2}$ ", potasio " $\text{K}^{+}$ "), estos son reemplazados con iones de hidrogeno ( $\text{H}^{+}$ ), que son los que disminuyen el pH de la solución (Rodríguez; *et. al.*, 2001).

### **3.9 Factores ambientales que influyen en el cultivo hidropónico**

Para un adecuado desarrollo del cultivo se requiere darle todas las condiciones ambientales con las que pudiese contar en la naturaleza, ya sea determinado grado de luz, temperatura, agua, aporte de anhídrido carbónico, humedad ambiental, aeración radicular y contenedor o lugar de desarrollo. Pero también deben de considerarse de forma conjunta frecuencia y técnica de riego con la composición y concentración de las soluciones nutritivas. Por último, tener en cuenta las condiciones climáticas y la época del año.

#### **3.9.1 Ambientes controlados**

Las estructuras de protección usados en cultivos hidropónicos deben ser especialmente diseñados para evitar daños por variación extrema de temperatura tanto máximas como mínimas, además deben atenuar la excesiva radiación solar especialmente en días despejados lo cual sumado al bajo contenido de humedad del ambiente pueden ocasionar daños a nivel de raíces, provocar la aparición de síntomas de deficiencias o quemaduras por radiación solar y evitar un desarrollo normal de la planta (Resh, 2005).

Senamhi (1995), según sus datos, indica que las bajas temperaturas registradas en La paz fluctúan entre los -10 a 20°C, con una humedad relativa que varía entre 10 a 70%. La precipitación pluvial anual es baja con 8 a 9 meses de sequia por año y tormentas de nieve y granizo frecuentes que se presentan fundamentalmente en primavera e invierno.

Fossati (1983), indica que el cultivo en invernadero reúne todas las condiciones necesarias para el cultivo hidropónico y, disponiendo del mismo, nuestros cultivos podrán crecer en un autentico clima ideal al que artificialmente, podamos aportar todas las modificación que consideremos necesarias para el buen logro de nuestros cultivos.

#### **3.9.2 Oxigenación del sistema radicular**

El requerimiento de oxígeno por la planta se conoce desde 1968 y algunos estudios fueron escritos en la década de los 20, sin embargo, no fue hasta el desarrollo de

los sistemas hidropónicos comerciales, en particular el NFT, que se hicieron observaciones detalladas sobre el efecto del oxígeno disuelto en la solución.

El sistema radicular requiere oxígeno para la respiración aeróbica, esencial el crecimiento radicular (Morgan, 2001).

Los ápices radiculares, tienen alta demanda de energía para el crecimiento celular y producción; por lo que tienen altas tasas de respiración y son muy vulnerables a la carencia de oxígeno. Si las raíces apicales en crecimiento sufren deficiencias de oxígeno, se produce un déficit de calcio, que aparece más rápidamente en los brotes, porque a diferencia de los otros nutrientes únicamente se absorbe por los ápices radiculares no suberizados; además de que por la inmovilidad del Calcio no le permite moverse eficientemente desde las partes viejas a las más jóvenes (Armstrong y Kirby, 2005).

Las regiones más sensibles son los puntos de crecimiento con bajas tasas de transpiración (ápices de hojas y frutos); produciendo desórdenes como la quemadura de puntas (tip burn) y pudrición apical (blossom-end rot) que tienen incidencia más severa ante la falta de oxígeno (Armstrong y Kirby, 2005).

El efecto del déficit de oxígeno sobre el crecimiento de las plantas, está relacionado directamente con la inhibición del desarrollo radicular, produciendo una influencia negativa en el suministro de agua y nutrimentos, lo cual trae como consecuencia, decremento en la tasa de transpiración (Kramer, 2000).

La disminución de la permeabilidad de la raíz, dificulta la absorción de agua bajo condiciones de hipoxia, (Parson et al, 1974); (Bradford et al, 2000).

Una oxigenación inadecuada en la zona radicular disminuye la fotosíntesis y transferencia de carbohidratos, por lo tanto el crecimiento de la planta disminuye y el rendimiento se ve afectado, llegando a morir las raíces, Kramer, (2000); colapsándose las células y elevando la síntesis de hormonas del envejecimiento (Bradford y Yang, 2000).

Según Jackson, (2002), en estas condiciones los nutrientes no pueden ser absorbidos en cantidades suficientes para soportar el crecimiento de la planta particularmente durante las condiciones de estrés.

Existen métodos que permiten una mayor aireación de la solución, forzando la entrada de oxígeno a la solución; el más usado es el burbujeo de aire continuo mediante un compresor, Resh (2005); otra forma es provocar una caída de solución nutritiva al tanque de retorno del sistema, de al menos de 50 cm de altura, o el uso de una espumadera en el tubo de desagüe (Carrasco e Izquierdo, 1996).

### **3.9.3 Agua**

El análisis químico del agua es un pre-requisito para determinar las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar en la preparación de la SN, ya que según sus propiedades químicas, se realizan los ajustes necesarios para que la SN tenga un adecuado pH, contenido de sales, PO y balance entre los iones. Las principales propiedades del agua que se deben tomar en cuenta para la preparación de la SN, son las siguientes: el pH, las sales disueltas, (aniones, cationes, micro nutrimentos y los elementos tóxicos), (Favela 2006).

Según Huterwal (1991), el tipo ideal de agua, será el agua destilada; ninguna más pura, sin embargo, su empleo no es económico. Además está totalmente despojada de los llamados oligoelementos. Por otro lado el agua de lluvia es, sin duda, la más apropiada a nuestros fines, si algún elemento tiene agregado ello no perjudicaría, al contrario resulta útil.

Según Barros (1999), en cuanto a la calidad del agua, como regla general, si el agua que se utilizará es apta para el consumo humano, servirá para el cultivo hidropónico, también se podrán utilizar aguas con alto contenido de sales, pero habrá que tener en cuenta el tipo de cultivo que se hará, ya que solo algunos de ellos (el tomate, el pepino, la lechuga o los claveles) son más tolerantes.

#### **3.9.4 Riego**

La frecuencia de riego depende de naturaleza de la planta, del estado de desarrollo de la planta, y de las condiciones climáticas del ambiente.

Según Resh (2005), En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica, general mente acompañada de elevadas temperaturas, especial mente durante los meses de verano la tasa de evapotranspiración de las plantas se incrementa y como resultado la absorción de agua aumenta también significativamente.

Para el mismo autor, la frecuencia de los ciclos tiene que ser suficiente para impedir cualquier déficit de agua en las plantas entre ciclos, pero estos tienen que ser lo suficientemente largos para proporcionar un adecuado drenaje del medio, de forma que haya una apropiada oxigenación de las raíces.

#### **3.9.5 Contenedor**

Según Uribe (2000), el recipiente es el lugar en el que la raíz de la planta debe recibir protección de los agentes externos, el contenedor debe tener características como el tamaño suficiente para albergar las raíces del cultivo, asegurar el desarrollo normal de las raíces con un adecuado drenaje, oxigenación, protección a la radiación solar, contaminación y al acceso de plagas y enfermedades.

Así mismo el recipiente debe ser económico, durable, in olor, químicamente inerte é impermeable y opaco (INIA, 2000).

#### **3.9.6 Luz**

La energía solar es el factor ambiental más influyente sobre el crecimiento de las plantas, pues de ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es proceso de conversión de la materia inorgánica en orgánica, constituyendo la base de todas las cadenas alimenticias de la tierra (Barbado, 2005).

Alvarado et, al., (2001), agrega que para muchas semillas, la luz no es necesaria para la germinación, sin embargo cuando aparecen los primeros cotiledones, ésta debe estar disponible, de lo contrario produciría un crecimiento débil de las plantas y un

ahilamiento de éstas. Contrario a esto, una excesiva luz natural, podría provocar quemaduras, por lo que una luz natural indirecta sería recomendada.

Según Jensen, (2001), mencionado por Gallardo, la luz es un elemento vital para el crecimiento de las plantas pero también para las algas que se desarrollan rápidamente sobre la solución de nutrientes lo cual interferirá con el crecimiento de las plantas, puesto que dará lugar a una competencia en la toma de nutrientes.

La presencia de algas reduce la acidez de la solución, crea colores extraños, compite por el oxígeno durante la noche e introduce productos tóxicos a través de su descomposición, los cuales interferirán normalmente en el crecimiento del cultivo. Para evitar el crecimiento de las algas no se debe permitir que la solución de nutrientes este expuesto a la luz (Resh, 2005).

Desde el punto de vista interno de la planta, Morgan (2001), señala que luego de la absorción de nitrato, las plantas deben utilizar energía para convertirlo en amonio, la cual se obtiene de la luz y la fotosíntesis; por lo tanto la asimilación y reducción del nitrato está estrechamente relacionado con la tasa de fotosíntesis.

### **3.9.7 Humedad ambiente**

La humedad ambiental afecta el metabolismo de la planta, ya que si la humedad es demasiado alta, el intercambio gaseoso queda limitado y se reduce la transpiración y por consiguiente la absorción de nutrientes, y si es demasiado baja se cierran los estomas de la planta y se reduce la tasa de fotosíntesis. Una humedad relativa alta también tiene influencia sobre la presencia de enfermedades principalmente fungosas (Barbado, 2005).

Para Pennigsfeld y Kurzmann (1993), el aporte adecuado de humedad va en directa relación con la absorción de CO<sub>2</sub>, al estar en cantidades suficientes, y también tiene una influencia directa en el trabajo que desempeñan los estomas, en este sentido, son especialmente exigentes las plantas de un gran sistema foliar que transpiran mucha agua. La humedad ambiente es posible de controlar con diversos sistemas, pero se debe tener cuidado con la incidencia de hongos.

### **3.9.8 Temperatura**

La temperatura afecta directamente las funciones de la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividades enzimáticas, etc. Las reacciones biológicas de importancia no pueden desarrollarse si la temperatura está por debajo de 0 °C, o por encima de 50 °C (Barbado, 2005).

Según Barbado (2005), la temperatura óptima varía según las especies, pero casi siempre está comprendida entre 10 °C y 25 °C. Las plantas pueden tolerar temperaturas más bajas durante periodos cortos de tiempo, pero debe evitarse acercarse a este valor letal.

La temperatura de la solución nutritiva influye en la absorción de agua y nutrimentos. La temperatura óptima para la mayor parte de las plantas es de aproximadamente 22 °C; en la medida que la temperatura disminuye, la absorción y asimilación de los nutrimentos también lo hace (Favela, 2006).

La baja temperatura de la SN tiene mayor efecto en la absorción de fósforo que en la de nitrógeno y agua. Con temperaturas menores a 15 °C se presentan deficiencias principalmente de calcio, fósforo y hierro (Favela, 2006).

#### **4. LOCALIZACIÓN**

##### **5.3. Ubicación**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cota - Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía (Universidad Mayor de San Andrés), ubicado en la zona sur de La Paz, geográficamente está localizada entre 16°32'11" de latitud Sud, y 68°03'48" de latitud Oeste, altitud de 3445 metros sobre el nivel del mar, temperatura media es de 11.5 °C (Instituto Geográfico Militar, 2007)

Figura N° 1 Grafico de ubicación geográfica del experimento, Provincia Murillo del departamento de La Paz, Cota-Cota



Fuente: Digital Globe, datos del Mapa Google ©2016

##### **5.4. Suelo**

La zona presenta suelos muy superficiales, de textura franco-arenosa. Presenta grava, grava pequeña y regular materia orgánica. Los suelos de la planicie son más profundos (0.20 - 0.40 m) aptos para agricultura intensiva. Existe menor proporción de terrazas naturales, formadas a niveles anteriores a la planicie (Zonisig, 1998).

##### **5.5. Clima promedio**

Entre las temperaturas registradas dentro los predios de Cota-cota tenemos una máxima de 25°C en verano y 13°C en invierno: la temperatura mínima en verano es de 6°C y en invierno llega a los -6°C. La precipitación anual es de 500 mm.

**Cuadro 3. Características del lugar de estudio**

<b>Clima:</b>	Templado, frío.
<b>Temperatura media anual:</b>	13°C.
<b>Humedad relativa:</b>	60.8%
<b>Meses de lluvia:</b>	Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Mayo.
<b>Heladas al año:</b>	Mayo, Junio, Julio y Agosto con 5 a 3 días por mes.
<b>Granizos al año:</b>	Septiembre y Junio con 2 días por mes.
<b>Precipitación:</b>	600 a 800 mm

Fuente: Instituto Senamhi (1995)

### 5.6. Vegetación.

Existen praderas nativas, con vegetación montañosa, extendidas y ubicadas en la región cercana al río, la vegetación local está compuesta por:

- Kikuyo *Pennisetum clandestinum*
- Paiko *Chenopodium ambrosoides*
- Altamisa *Ambrosia peruviana*
- Chilica *Baccharis lanceolata*
- Sehuenca *Cortaderia selloana*
- Eucalipto *Eucalitus globulus*
- Retama *Spartium junce*

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Materiales

#### 5.1.9 Material Biológico

Las variedades de espinaca que se utilizaron durante la investigación, bajo el sistema NFT fueron:

ESPINACA (*Spinacea oleracea L*)

<b>VARIEDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
- Viroflay	14 g
- New Zelanda	14 g
- Skokum	14 g
- Quinto	14 g
- Majestic	14 g
- Bolero	14 g

#### 5.1.10 Material Químico

Las sales minerales que se utilizaron para la formulación de la solución nutritiva según los requerimientos del cultivo de espinaca para todas sus variedades a producirse fueron:

- Plant Prod Canadá 15 - 15 – 30 + Micro nutrientes (Boro, Quelato de Cobre, Quelato de Hierro, Quelato de Manganeso, Molibdeno real, Quelato de Zinc).
- Nitrato de Calcio.
- Nitrato de Amonio.
- Nitrato de Potasio.
- Sulfato de Magnesio.
- Quelato de Hierro,
- Soda cáustica.
- Ac. Nítrico

#### 5.1.11 Materiales para la construcción del almacigo, la 1ra etapa

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>
Listón de Madera de 5cm*1cm	3 metro
Agro film	1 metro Lineal
Clavos 1,5 in	10 unid.
Grampas 23/6-8	1 caja
Turba	1/2 saco
Cascarilla de arroz	1 bolsa
Arena	5 palas

#### 5.1.12 Materiales para la construcción de piscinas, 2ra etapa del cultivo

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>
Listón de madera de 5 cm*1cm	7 metro
Agro film	2 metro L
Grampas	1 caja
Clavos	20 unidades
Bandeja de germinación	8 unidades
Espuma sintética de 2cm	1/2 hoja

#### 5.1.13 Materiales para la construcción de la estructura en "A"

<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Listones de madera	2 metro	36
Listón de madera	1,5 metro	18
Tubos PVC de 3pulg	metro	13,5
Tapón PVC de 3pulg	pieza	6
Pegamento PVC	litro	1
Piezas de sujeción en J	pieza	108
Pintura blanca	litro	10
Plastoform 1,5 cm	lamina	65
Semi sombra al 50%	metro Lineal	20
Remaches	caja	3
Tornillos de 1 in	pieza	216
Clavos de 3 in	bolsa	3
Alambre de amarro	rollo	1

#### 5.1.14 Materiales para la construcción del sistema de riego

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Poli tuvo de ½ in	metro	18
Tapón hembra de ½ in	pieza	1
Reductor de 1 a ½ in	unidad	1
Miple de 1 in	pieza	3
Llave de paso universal 1in	pieza	1
T de 1 in	pieza	1
Tapón macho de 1in	pieza	1
Bomba de 1 HP	pieza	1
Tubo de 1 in	metro	6
Codo de 1 in	pieza	2
Teflón	pieza	4
Válvula cácher	pieza	1
Tanque de 300 L	pieza	1
Emisor de riego de 6 mm	pieza	6
Micro tubo de 6 mm	metro	3
Tuvo corrugado eléctrico	metro	3
Codo de 3 in	pieza	2
Tubo de 3 in	metro	4
Manguera	metro	10

#### 5.1.15 Materiales para la construcción del sistema eléctrico

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Cable electrico	metro	10
Temporizador	pieza	1
Toma corriente	pieza	1

#### 5.1.16 Materiales utilizados para la construcción

MATERIALES		
- Taladro	- Fluxómetro	- Engrampadora
- Amoladora	- Nivel	- Tijera
- Remachadora	- Llave cresen	- Estilete
- Martillo	- Llave estil son	- Cinta aislante
- Picota	- Broca	
- Sierra	- Sacabocado	
- Pala	- Brocas	
- Carretilla	- Alicata	

### 5.1.17 Materiales de escritorio y toma de datos

#### MATERIALES

- Cámara fotográfica
- pH metro
- Conducti-metro
- Cuaderno
- Escáner
- Computadora
- Impresora
- Flash memori
- Calculadora
- Laptop
- Termómetro Max – Min
- Termómetro

## 6.2. Métodos

### 5.2.1 Diseño experimental

En la presente investigación, se utilizó un diseño de bloques al azar (DBA), y tres repeticiones de acuerdo al modelo estadístico (Ochoa, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media poblacional.

$\alpha_i$  = Efecto del i-esimo nivel del factor A (Tipos de almacigo).

$\beta_j$  = Efecto de la j-esima nivel del factor B (Variedades de semilla).

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental (Interacción factor A\* factor B).

**Factor A** = Sistema de producción utilizando Técnica del Flujo de Nutrientes “NFT”.

**Factor B** = Seis variedades de Espinaca evaluadas

Variedades de espinaca evaluadas

- V1 = Viroflay
- V2 = New Zelanda
- V3 = Skokum
- V4 = Quinto
- V5 = Majestic
- V6 = Bolero

### 5.2.2 Diseño y combinación de tratamientos

Estas variedades combinadas bajo el sistema NFT son los seis tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6), con 3 Bloques o repeticiones:

**T1** = variedad Viroflay bajo NFT

**T4** = variedad Quinto bajo NFT

**T2** = variedad Nueva Zelanda bajo NFT

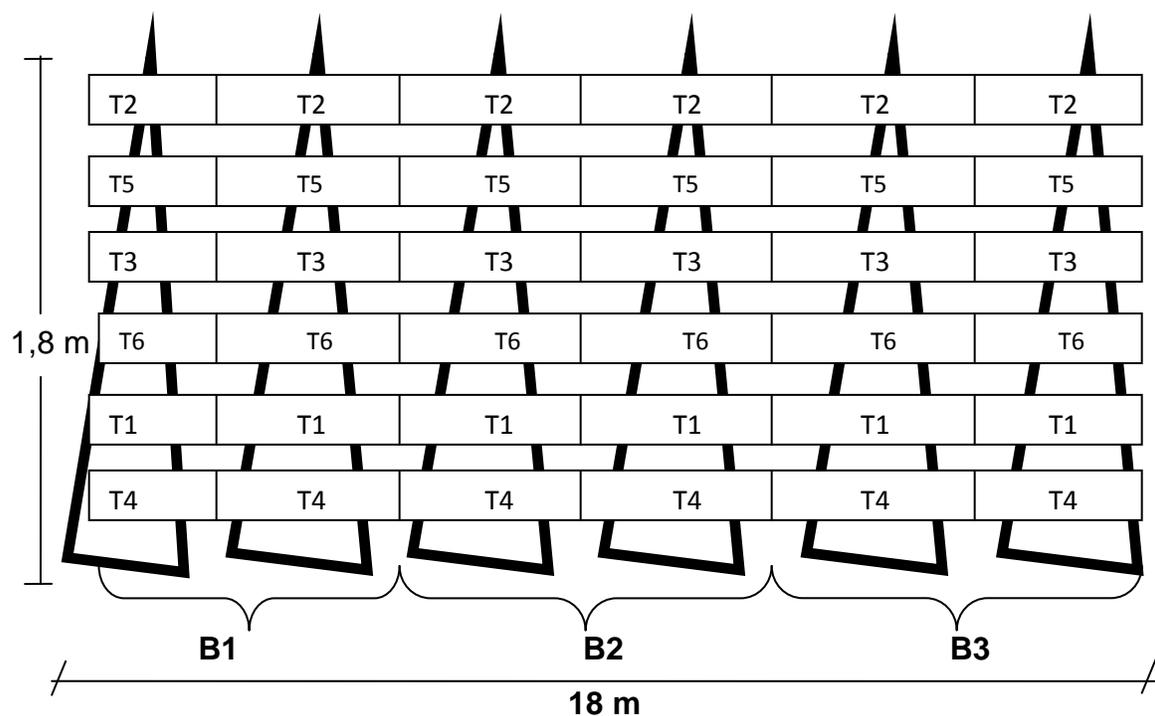
**T5** = variedad Majestic bajo NFT

**T3** = variedad Skokum bajo NFT

**T6** = variedad Bolero bajo NFT

Teniendo los 6 tratamientos distribuidos al azar en los 6 canales de producción y divididos en 3 bloques, para evitar el efecto de borde cercano a la puerta, y el consumo de oxígeno por parte de las plantas cercanas a los emisores de riego.

**Figura 2** Distribución de los tratamientos y sus repeticiones



### 5.3. Metodología

#### 5.3.1 Primera etapa – sustrato inerte

##### a) Construcción de la almaciguera

Se comenzó construyendo una almaciguera de 1 m<sup>2</sup> con madera y agro film

##### b) Preparación del sustrato para la almaciguera

Se Realizo la preparación del sustrato inerte, utilizando una proporción de 30-30-40 de cascarilla de arroz, turba y arena respectivamente; luego se procedió a la

desinfección del sustrato; seguido por el llenado y nivelación en el área de almacigo.

### **c) Siembra**

Para la siembra de las seis variedades de espinaca, se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- Se niveló el sustrato con una regla, se humedeció y se realizaron pequeños surcos distanciados 3 cm entre sí.
- Posteriormente se procedió a la siembra de las semillas distanciándolas a 0,5 cm entre sí.
- Luego se las cubrió con una capa de 0,5 cm de sustrato y se las tapó con papel periódico húmedo durante 4 días, esto para mantener la humedad y generar un ambiente oscuro para acelerar la emergencia de las semillas.
- Pasados 15 días las plántulas presentaron sus primeras hojas verdaderas, posteriormente se pasaron al área de piscinas, a excepción de la variedad New Zelanda que tardó más tiempo brotar.

### **5.3.2 Solución Nutritiva.**

#### **a) Pureza del agua.**

Según Resh (2005), cualquier agua que sirve para el consumo humano se puede usar para cultivos hidropónicos.

En el Centro Experimental de Cota-Cota, se cuenta con agua potable, que proviene del agua de los nevados, el cual también se usa para el consumo de la población. Pero a esta agua se le adiciono cloro para su potabilidad, por lo que se la dejo reposando durante un día antes de su uso, de forma que el cloro se desvaneciera del agua.

#### **b) Preparación de la Solución Nutritiva**

Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron productos ya formulados

como el Plan Prod y sales minerales hidrosolubles que se encuentran disponibles para la venta.

**Cuadro 4. Formulación de sales en g para 1 m<sup>3</sup> de solución nutritiva**

	<b>SALES MINERALES</b>	<b>Cantidad en g</b>
<b>Solución "A"</b> <b>MACRO NUTRIENTES</b>	Nitrato de Potasio	46,6
	Nitrato de Calcio	926,32
<b>Solución "B"</b> <b>MICRONUTRIENTES</b>	Plant Prod Canadá	763,7
	Sulfato de Magnesio	393,8
	Nitrato de Amonio	251,2
	Quelato de Hierro	4,21

Para la disolución de las sales se siguieron los siguientes pasos:

- Se pesaron los fertilizantes individualmente, solución "A" y solución "B" en recipientes plásticos.
- Se lleno el tanque hasta la mitad, es decir 200 L.
- Se disolvió en forma individual cada solución; antes de ser colocadas en el tanque.
- Se agregó agua hasta completar los 300 L, se cerraron las llaves de paso de distribución y se abrió la llave de regulación de presión o retomo al tanque, para que las soluciones se mezclaran al encender la bomba.
- Se abrió la llave de paso y se verifico que todos los emisores de riego, estuviesen funcionando correctamente.

El sistema de distribución de solución nutritiva conto con un caudal constante para mantener la lámina de riego a 0,5 cm que iba en aumento a medida que las raíces crecían, se usó emisores de chorro continuo para mantener la humedad de las raíces.

### **5.3.3 Segunda Etapa - Primer Trasplante**

#### **a) Construcción de la piscina**

Para la construcción de la piscina se empleo madera y agrofilm, con la que se hicieron 2 piscinas de 1 m<sup>2</sup> cada una, para acomodar 8 almacigueras flotantes de forma exacta.

Las piscinas se hicieron, con un adecuado sistema de drenaje, facilitando la limpieza y proporcionando una recirculación de la solución nutritiva a través del desagüe.

#### **b) Primer trasplante**

Para el primer trasplante, se procedió a retirar una a una las plántulas de espinaca del almacigo, luego se realizo un lavado de las raíces, eliminando cualquier rastro de sustrato.

Por último con la ayuda de una cubo de esponja de 2cm de lado, se procedieron a colocar plantín por plantín en cada una de los espacios de la almaciguera flotante obteniendo un total de 160 platines por variedad; las que permanecieron durante dos semanas en las piscinas, bajo la solución de nutrientes, hasta que alcanzaron un desarrollo adecuado de sus raíces.

### **5.3.4 Etapa final**

#### **5.3.5.1 Construcción del sistema NFT**

##### **a) Construcción de la estructura en "A"**

Para la construcción de la estructura en "A" o pirámide de producción, se utilizaron vigas de madera de 2 por 2 in, con las que se construyo un armazón compuesto de 18 unidades de "A" distanciados a un metro.

Luego se procedió a colocar los canales de PVC cortados a la mitad con una pendiente del 20% formando 6 canales, distanciados verticalmente a 30 cm.

Por último, se procedió a cubrir la totalidad de los canales, con la ayuda del plastoform y se realizo las perforaciones respectivas para el colocado de los

platines a 15 cm entre plantas, que corresponde a la densidad más adecuada para el cultivo de espinaca.

### **b) Instalación del Sistema de Riego y Desagüe**

Para el sistema de riego, se procedió a determinar por donde pasaría el desagüe, conectando este, con la pirámide de producción y al otro lado con el tanque que se instaló debajo del nivel del suelo en relación a la pirámide de producción.

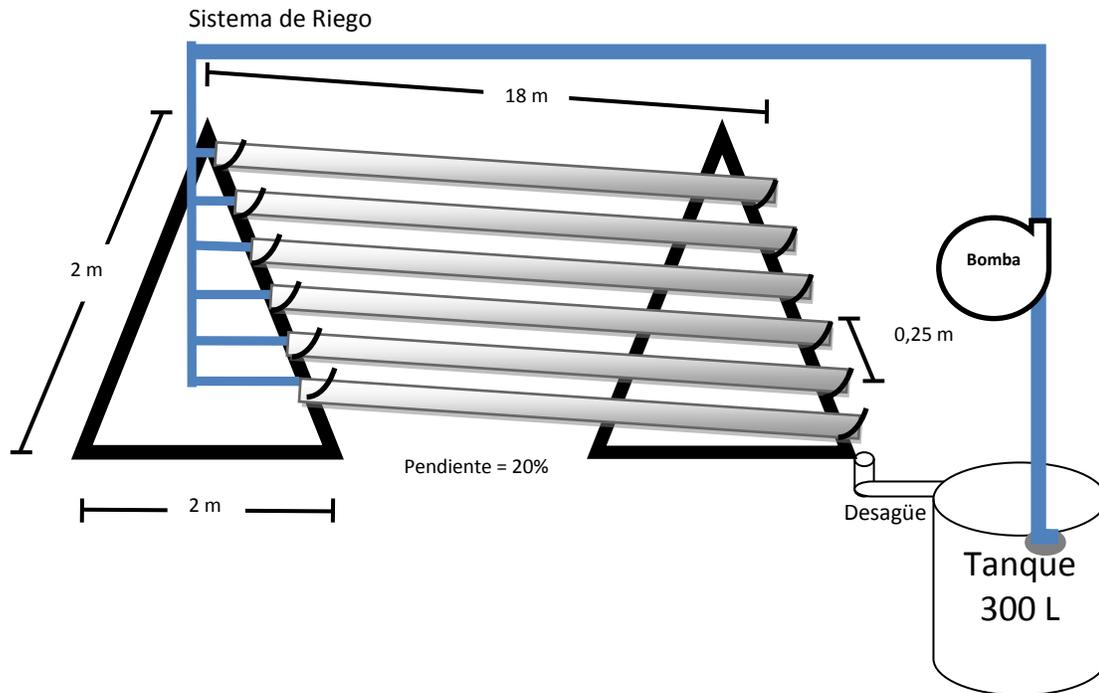
Luego se procedió a conectar la bomba de 1HP a un sistema de riego que permite transportar la solución de nutrientes desde el tanque a cada uno de los canales de cultivo en la pirámide de producción.

El sistema de riego se diseñó de manera que el caudal de riego en cada canal fuese de 20L/min y la pendiente permitiera una adecuada evacuación de la solución nutritiva evitando así desbordes.

### **c) Instalación del Sistema Eléctrico**

Para una adecuada frecuencia de riego, se trabajó con un temporizador electrónico de 16 programas, conectado a la bomba de agua que encendía y apagaba el sistema durante 40 y 20 min respectivamente durante las horas del día, esto permitió un riego continuo y evitó el sobrecalentamiento de la bomba de agua.

Las pirámides tienen los siguientes componentes y dimensiones:



**Figura 3 Pirámide de Producción en "A"**

### 5.3.5.2 Trasplante definitivo

Una vez que los plantines de espinaca alcanzaron el tamaño radicular óptimo, se procedió al trasplante definitivo a los canales de cultivo.

Los plantines se distribuyeron según el diseño elegido en los canales de cultivo, permaneciendo durante todo su desarrollo hasta el segundo corte, donde se realizó la cosecha definitiva a los 110 días.

### 5.3.6 Toma de datos

La toma de datos se realizó en diferentes etapas de desarrollo del cultivo, como ser: la emergencia de las semillas; al finalizar la etapa de 1er trasplante; luego semanalmente en su crecimiento sobre la pirámide de producción y por último, en la cosecha.

#### a) Control de pH

Entre las labores realizadas en el proceso de crecimiento estuvo el control del pH que se realizó diariamente; que comenzó con un pH de 6,4 al iniciar la preparación

de la solución nutritiva descendiendo según transcurrían los días, ver la figura 24.

**b) Control de la conductividad eléctrica.**

La conductividad eléctrica de la solución al inicio de la preparación registraba 2200 ds/cm; pero, después se vio que la conductividad bajaba cada día de 50 a 75 ds/cm.

Al décimo cuarto día, la conductividad llegaba a 900 ds/cm lo cual nos indicaba que las plantas consumieron las sales adecuadamente, por lo que se realizó el cambio total de la solución en el tanque.

**c) Control de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del cultivo de espinaca se presentaron pulgones (*Myzus persicael*) en un 75% de las plantas, Ver (Anexo 10).

Esta plaga se logró controlar con la pulverización del producto químico Cypermetrina. Para evitar algún posible problema con hongos se aplicó Mancozeb, de forma preventiva en las plántulas.

Este control se lo realizó a los 35 días es decir, 5 días después del trasplante definitivo (una vez dentro de la estructura NFT).

**d) Control de la temperatura**

El control y registro de la temperatura se realizó con la ayuda de un termómetro que nos indicó cuando realizar la apertura y cierre de las cortinas de la carpa. Esto evitó el posible daño causado por la helada o problemas de estrés calórico debido a elevadas temperaturas. Ver Anexos

También se registraron las temperaturas promedio, tanto de las mínimas como máximas. La variación de temperatura registrada en el interior del invernadero durante diferentes horas del día, en los meses que duró el experimento mostró que la temperatura mínima descendía a 2°C, y la temperatura máxima con las cortinas abiertas fue de 35°C en días despejados. Ver el (anexo 2).

**e) Cosecha y post-cosecha**

Una vez pasados los 80 días y cuando las espinacas alcanzaron un tamaño adecuado de sus hojas, se procedió a realizar el primer corte, manteniendo la planta aun en el sistema NFT, ver (anexo 4).

Luego se procedió a enfriar las hojas a 4 °C y se realizo al embolsado respectivo, colocando 300 g de hojas de espinaca por bolsa.

**f) Venta**

La venta y comercialización se hizo directamente con las comerciantes del mercado de Achumani, a un precio de venta de Bs 3 la unidad.

**g) Cosecha definitiva**

Transcurridos 30 días más, es decir 110 días desde la siembra se realizo la cosecha definitiva, extrayendo completamente la planta de los canales de cultivo, comercializándolas como planta entera.

**6.4. Diseño Experimental**

Las variedades de espinaca se evaluaron utilizando un DBA (diseño de bloques al azar), con arreglo factorial (1\*6), con tres repeticiones de acuerdo al meodelo estadístico (Ochoa, 2009).

**6.5. Análisis Estadístico**

Los datos que se obtuvieron en el experimento se ordenaron y sistematizaron con el análisis estadístico de acuerdo al modelo adoptado, se realizo el análisis de varianza (ANDEVA) y se probó la significancia del efecto fijo.

Los resultados de las variables de respuesta, fueron procesados con el paquete estadístico "InfoStat", "Excel" y se analizo e interpreto logrando alcanzar los objetivos planteados; de esta manera se llevo a las conclusiones del trabajo de investigación.

## **5.6. Variables de respuesta**

- **Longitud de hojas** Al momento de la toma de datos se realizó la medición de largo de hoja, desde el peciolo hasta la punta de la hoja de 10 plantas por tratamiento; este procedimiento se repitió semanalmente.  
Después del día 35 las plantas se trasladaron al sistema NFT, estos datos se sometieron a un análisis de varianza, la cual nos permitió determinar si existía alguna diferencia significativa entre las variedades.
- **Ancho de hojas** Durante la toma de datos se efectuó la medición del ancho de la base de las hojas, de 10 plantas por tratamiento. Procedimiento que se repitió semanalmente después del día 35, estos datos se sometieron a un análisis de varianza, la cual nos permitió determinar si existía alguna diferencia significativa entre las variedades.
- **Numero de hojas** En la toma de datos se realizó el conteo de las hojas más desarrolladas de 10 plantas por tratamiento, (este procedimiento se realizó semanalmente después del día 35 cuando las plantas se trasladaron al sistema NFT), sometiéndolas a un análisis de varianza que nos permitió determinar la existencia de alguna diferencia significativa entre las variedades.
- **Peso total de hoja** Se realizó al momento de la primera y segunda cosecha; con la ayuda de una balanza se determinó el peso total por variedad estudiada en cada tratamiento, estos datos se sometieron a un análisis de varianza, que nos permitió determinar diferencias entre los pesos de las variedades estudiadas.
- **Rendimiento** El rendimiento se determinó por el número de bolsas con un peso de 250 g obtenidos por cada variedad al momento de la cosecha, estos datos se sometieron a un análisis de varianza que nos permitió determinar si existía alguna diferencia significativa entre los rendimientos de las variedades.
- **Análisis económico** El análisis económico de la producción hidropónica en el sistema re-circulante, se realizó de acuerdo con el cálculo de rendimientos de las variedades de espinaca, ponderado para una estructura en "A" en cada

variedad, combinado con el costo por unidad de bolsa de espinaca para tener el beneficio bruto general.

También se calculo los costos de producción a partir de los costos fijos y costos variables utilizando, las siguientes formulas:

$$\text{BB} = \text{R} * \text{P}$$

$$\text{BN} = \text{BB} - \text{C}$$

Donde:

**R**, es el rendimiento en g/canal de cultivo.

**P**, es el precio del producto, considerando que en el mercado de Achumani de la ciudad de La Paz el precio fue de 3 Bs/350 g para todo el año.

**C**, es el costo variable de producción en Bs/ciclo productivo, considerando los costos de insumos, mano de obra y herramientas.

**BB**, es el beneficio bruto, resultado de la multiplicación del rendimiento con el precio del producto.

**BN**, es el beneficio neto, resultado de la diferencia entre el **BB** y **C**.

La relación beneficio costo (**B/C**), se determino a través de la fórmula:

$$\text{B/C} = \text{BB/C}$$

Las relaciones de interpretación fueron:

Cuando la relación B/C es menor a 1, significa que no existe beneficios, por lo tanto cultivar las espinaca bajo condiciones hidropónicas no es rentable; si la relación B/C es igual a 1 los beneficios logrados solo compensan los costos de producción, por lo tanto se debe analizar bien si se puede mejorar esta relación, mejorando el sistema o ampliando el área productiva y cuando la relación B/C es mayor a 1, los beneficios son mayores que los costos parciales de producción, por lo tanto este tipo de producción es rentable (Mokate, 1988).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.2. Longitud de Hoja

#### 6.2.1 Longitud de hoja a los 80 días después de la siembra DDS

Para una mejor evaluación del largo de hoja entre las variedades de espinaca producidas bajo el sistema NFT se realizó un análisis de varianza (cuadro 5),

**Cuadro N° 5. Resumen de ANDEVA para la variable longitud de hoja a 80 DDS.**

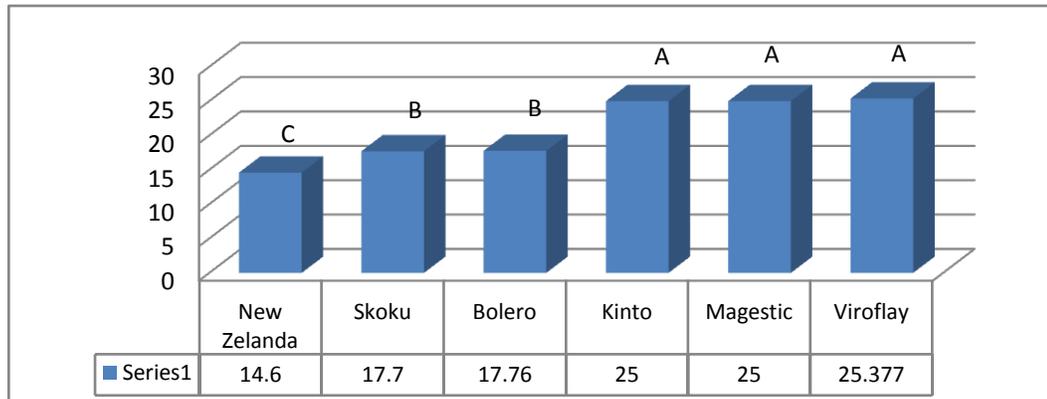
F.V.	SC	GI	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	<b>46,16</b>	<b>2</b>	<b>23,08</b>	<b>17,92</b>	<b>0,0005</b>	<b>**</b>
<b>Variedades</b>	948,39	5	189,68	147,25	<0,0001	**
<b>Error</b>	12,88	10	1,29			
<b>Total</b>	1007,43	17				
<b>CV = 5,88</b>						

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza, se observa diferencias significativas entre bloques, lo que nos indica que la solución nutritiva y la cercanía a la puerta, tuvo un efecto directo en los bloques, estadísticamente esto nos muestra que se obtuvo buena precisión en el diseño.

También se observa diferencias altamente significativas para el factor de variedades de espinaca, esto se atribuye a una adaptación al sistema NFT, solución nutritiva y características fenotípicas propias de cada variedad.

El coeficiente de variación es de 5,88% indicando que, los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

Para establecer que variedad de espinaca presenta el mayor largo de hoja, se realizó la prueba múltiple de medias Tukey, con 5% de significancia presentado en la figura N° 4.



**Figura 4. Prueba de Tukey, para la variable largo de hoja de espinaca a los 80 DDS.**

En la figura 4, se observa que las variedades de Espinaca de mayor largos de hoja fueron la Variedad Quinto, Majestic y Viroflay con 25,03 cm; 25,05 cm y 25,377 cm respectivamente, el segundo lugar lo ocupan las variedades Bolero y Skokum con largos de 17,7 cm y de menor tamaño tenemos a la variedad New Zelanda con 4,87 cm de longitud de hoja.

Al analizar la variable largo de hoja a los 80 días después de la siembra (DDS), se puede establecer que las variedades Viroflay, Majestic y Quinto, no tienen entre sí diferencias significativas, sin embargo son las que mayor largo de hoja obtuvieron durante el experimento.

### 6.1.2 Longitud de Hoja a los 110 DDS

En el análisis de varianza (Cuadro 6), no existe diferencias significativas entre las variedades de espinaca ni entre bloques.

**Cuadro 6. Resumen de ANDEVA para la variable longitud de hoja a 110 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	32,32	2	16,16	2,44	0,1486	ns
<b>Variedades</b>	63,49	4	15,87	2,40	0,1359	ns
<b>Error</b>	52,93	8	6,62			
<b>Total</b>	148,73	14				
<b>CV = 11,59</b>						

Lo que quiere decir que el crecimiento en largo de hoja se homogenizo, alcanzando un largo de hoja muy similar entre variedades. Por lo que si existe una diferencia de valores de largo de hoja, es simple mente un valor al azar.

La variedad Majestic no se encuentra dentro del análisis porque ésta ya fue cosechada a los 80 días y por lo tanto no llego a esta etapa.

En la segunda cosecha o definitiva, podemos observar una disminución en el largo de hoja, disminuyéndose el promedio de 25 cm a 15 cm entre cosechas, en todas las variedades menos en la variedad New Zelanda que no fue cosechada a los 80 días.

Para Luque (2004), la longitud promedio de hoja del cultivo de espinaca variedad Viroflay producida en el suelo alcanzó un promedio máximo de 12,35 cm de largo.

Mientras que Sirpa (2008), produjo espinaca Viroflay en condiciones de hidroponía en piscina alcanzando una longitud de 7,6 cm de largo.

Haciendo una comparación podemos decir que la producción de espinaca bajo un sistema hidropónico NFT supero considerablemente el largo de hoja respecto a estos dos autores, presentando 25 cm de largo a los 80 días y 12 cm de largo a los 110 días.

Esto puede deberse a que bajo un sistema NFT existe un porcentaje de sombra más adecuado, permitiendo la elongación de las hojas de espinaca.

También puede deberse a que estas plantas fueron cosechadas a los 80 días, 15 días más que las estudiadas por Sirpa (2008) y Luque (2004).

## **6.2 Ancho de Hoja**

### **6.2.1 Ancho de Hoja a los 80 DDS**

En el análisis de varianza (Cuadro 7), se observa una diferencia significativa entre bloques lo que nos indica que la solución nutritiva y la cercanía a la puerta tuvo

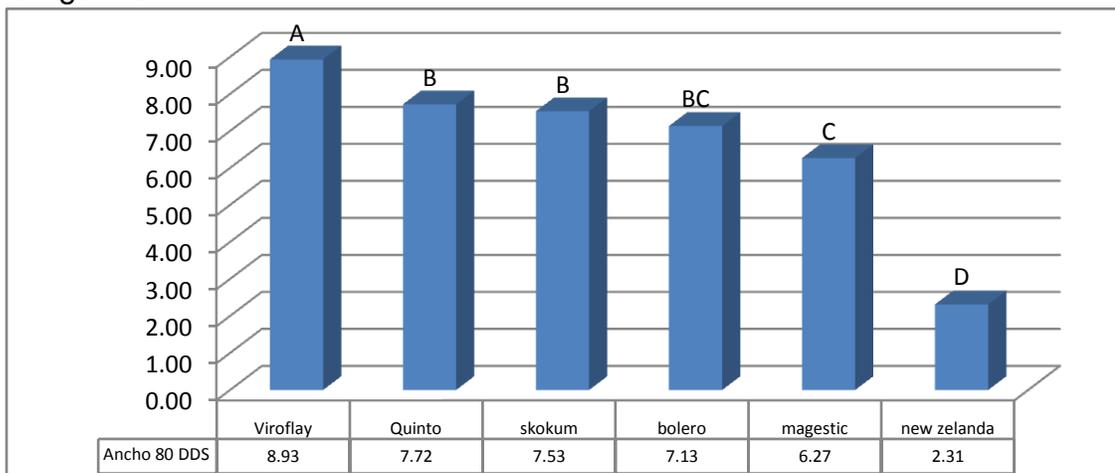
efecto directo en la variable largo de hoja, estadísticamente esto nos muestra que se obtuvo buena precisión en el diseño.

Se observa que existe una diferencia muy significativa entre variedades con respecto al ancho de hoja.

**Cuadro 7. Resumen de ANDEVA para la variable Ancho de hoja a 80 DDS.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	6,50	2	3,25	14,14	0,0012	*
<b>Variedades</b>	78,98	5	15,80	68,75	<0,0001	**
<b>Error</b>	2,30	10	0,73			
<b>Total</b>	87,77	17				
<b>CV = 7,21</b>						

Para establecer que variedad de espinaca presento el mayor ancho de hoja, se realizó la prueba múltiple de medias Tukey con un 5% de significancia, presentado en la figura 5.



**Figura 5. Prueba de Tukey para la variable ancho de hoja de espinaca a los 80 DDS.**

En la figura 6, se muestra que la variedad de Espinaca Viroflay, obtuvo el mayor ancho de hoja en el primer corte, con 8,93 cm en promedio; el segundo lugar, lo ocupan las variedades Quinto, Skokum y Bolero con anchos de 7,72 cm, 7,53 cm y 7,13 cm respectivamente; como tercer lugar tenemos a la variedad Majestic con 6,27cm y con el menor tamaño, la variedad New Zelanda con 2,31cm de ancho.

La razón de estas diferencias en grosor puede deberse a una mejor adaptación al sistema NFT y a características fenotípicas propias de cada variedad.

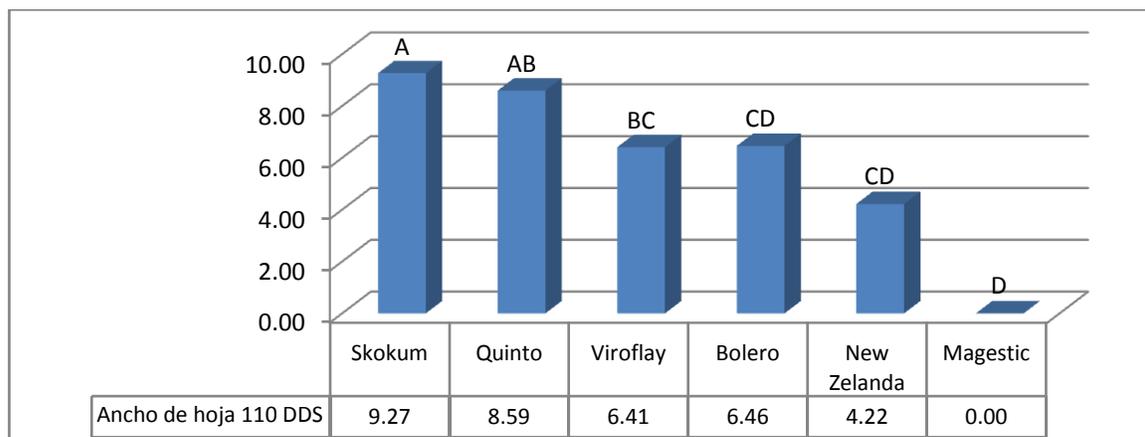
### 6.2.2 Ancho de Hoja a los 110 DDS

En el análisis de varianza (Cuadro 8), se observa que existen diferencias significativas en el ancho de hoja entre las variedades estudiadas.

**Cuadro 8. Resumen de ANDEVA para la variable Ancho de hoja a 110 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	5,62	2	2,81	1,89	0,2121	NS
<b>Variedades</b>	47,85	4	11,96	8,06	0,0064	**
<b>Error</b>	17,49	10	1,75			
<b>Total</b>	65,34	14				
<b>CV = 14,38</b>						

Para establecer que variedad de espinaca presento el mayor ancho de hoja, se realizó la prueba múltiple de medias Tukey con 5% de significancia presentado en la figura 6.



**Figura 6. Resumen de la prueba de Tukey para la variable Ancho de hoja de espinaca a los 110 DDS.**

En la figura 7, se determina que las variedades de Espinaca Skokum y Quinto presentan el mayor ancho de hoja en la cosecha final, con 9,27 cm y 8,59 cm respectivamente; el segundo lugar lo ocupan las variedades de espinaca Bolero y Viroflay con 6,46 cm y 6,41 cm respectivamente y con el menor tamaño la variedad New Zelanda con 4,22 cm.

La variedad Majestic no presenta datos por haber sido cosechado definitivamente a los 80 días.

La razón de estas diferencias en grosor de hoja puede ser resultado de una mejor adaptación al sistema NFT o, a las características fenotípicas propias de cada variedad.

En esta segunda cosecha o definitiva, podemos observar una disminución de crecimiento en el ancho de hoja en todas las variedades, menos para la variedad New Zelanda, la cual no fue cosechada a los 80 días.

La Variedad New Zelanda presenta el menor tamaño y un crecimiento lento en relación con las demás, esto puede deberse al que no es una variedad híbrida.

La Variedad Viroflay presento una disminución de crecimiento en la segunda cosecha, disminuyendo su ancho de 8,6 cm a 6,4 cm.

Jiménez (2009) en su estudio obtuvo 13,79 cm de ancho de hoja al producir espinaca Viroflay en suelo en 65 días después de la siembra.

Mientras que Sirpa (2008) obtuvo espinacas Viroflay hidropónicas en piscina, con un ancho de 6,7 cm en 60 días después de la siembra.

Realizando una comparación se determina que bajo un sistema NFT, se supero los valores obtenidos en piscina, pero no así a la producida en suelo.

Esto también puede deberse a efectos del clima, porcentaje de sombra o humedad ambiental.

**a. Numero de Hojas a la Cosecha**

**6.3.3 Numero de Hojas a la Cosecha a los 80 DDS**

En el Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza para el N° de hojas a 80 DDS.

**Cuadro 9. Análisis de varianza de la variable N° de hojas a los 80 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	17,56	2	8,78	9,82	0,0044	**
<b>Variedades</b>	8,12	5	1,62	1,82	0,1974	ns
<b>Error</b>	8,94	10	0,89			
<b>Total</b>	34,62	17				
<b>CV = 7,42</b>						

De acuerdo al análisis de varianza podemos ver que existe una diferencia significativa entre bloques, que realiza el efecto que tuvo la posición de los diferentes tratamientos dentro del área de estudio.

Para las variedades no es significativo los valores de rendimiento de hojas, esto nos determina que el número de hojas cosechadas no depende del sistema de producción utilizado y la diferencia de valores es simplemente un valor al azar, no dependiente de las variedades evaluadas.

El coeficiente de variación fue de 7,42% que está dentro del rango aceptable, por lo que los datos fueron tomados cuidadosamente y son confiables para el análisis estadístico.

**6.3.4 Numero de Hojas a la Cosecha a los 110 DDS**

En el Cuadro 10 se presentan las medias por tratamiento y repetición de las seis variedades de espinaca evaluadas durante el experimento y cosechadas 110 días después de la siembra.

**Cuadro 10.** Resultados de la variable número de hojas en variedades de espinaca

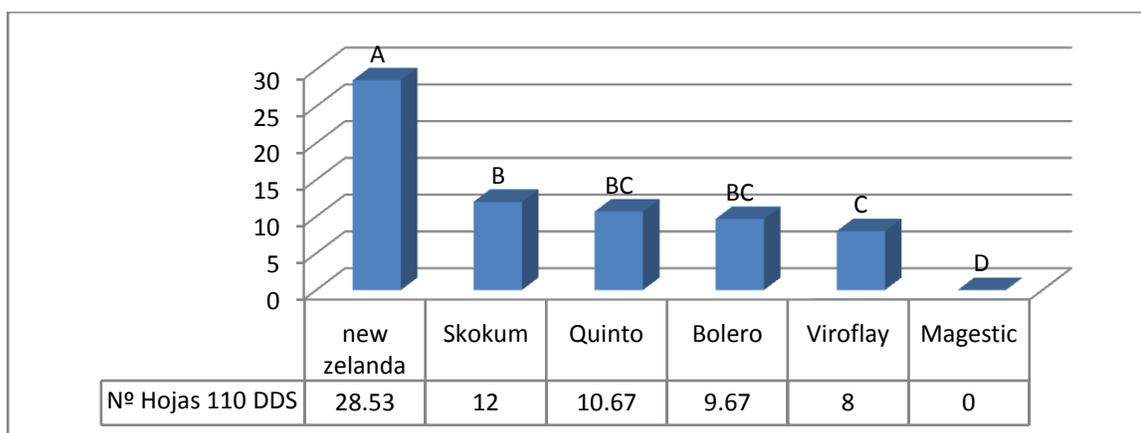
Variedades	N de hoja Foliar 110 días			
	B1	B2	B3	Media
<b>Bolero</b>	10	9	10	9,67
<b>Quinto</b>	10	11	11	10,67
<b>Majestic</b>	-	-	-	-
<b>New Zelanda</b>	32,6	26,8	26,2	28,53
<b>Skokum</b>	12	13	11	12,00
<b>Viroflay</b>	9	8	7	8,00

Al observar el análisis de varianza (cuadro 11), existen diferencias significativas entre variedades con respecto al número de hojas a los 110 DDS.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de la variable N° de hojas a los 110 DDS

F.V.	SC	GI	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	7,4	2	3,70	1,29	0,3267	ns
<b>Variedades</b>	842,55	4	210,64	73,51	<0,0001	**
<b>Error</b>	22,92	8	2,87			
<b>Total</b>	872,87	14				
<b>CV</b>	12,29					

Para establecer que variedad de espinaca presento el mayor número de hojas se realizó la prueba múltiple de medias Tukey con 5% de significancia, presentado en la figura 7.



**Figura 7.** Prueba de Tukey para la variable N° de hoja de espinaca a los 110 DDS.

De acuerdo a la figura 8 podemos ver que la variedad New Zelanda presenta el mayor valor 28,5 hojas en promedio, lo que significa que esta variedad sería la mejor opción en el sistema NFT.

Comparando las dos épocas de cosecha notamos que las variedades New Zelanda y Viroflay son las únicas que aumentan la cantidad de hojas en la segunda cosecha. Mientras que las demás variedades no alcanzaron el número de hojas obtenido en la primera cosecha.

Esto puede ser efecto de una mejor adaptación al sistema o en si a las características propias fenotípicas de cada variedad.

## **6.4 Área Foliar**

### **6.4.1 Área Foliar a la Cosecha a los 80 DDS**

En el Cuadro 12 se presentan las medias por tratamiento y repetición de las seis variedades de espinaca, evaluadas durante el experimento y cosechadas 80 DDS.

**Cuadro 12. Área Foliar 80 días**

Variedades	Área Foliar en cm <sup>2</sup> 80 DDS			Promedio
	R1	R2	R3	
<b>Bolero</b>	1.040,919	640,398	748,953	810,090
<b>Quinto</b>	1.687,295	712.715	1.103,292	1.167,767
<b>Majestic</b>	819,245	833,707	804,783	819,245
<b>New Zelanda</b>	-	-	-	-
<b>Skokum</b>	1.390,549	1.212,080	756,844	1.119,824
<b>Viroflay</b>	1.492,889	1.436,686	904,287	1.277,954

Para determinar si existió alguna diferencia entre las variedades, se realizó a continuación el análisis de varianza en el (cuadro 13).

**Cuadro 13. Análisis de varianza de la variable área foliar a los 80 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	484440,13	2	242220,07	3,82	0,0683	ns
<b>Variedades</b>	542412,93	4	135603,23	2,14	0,1669	ns
<b>Error</b>	506641,87	8	63330,23			
<b>Total</b>	1533494,93	14				
<b>C.V.</b>	12,76					

El análisis de varianza (cuadro 14), nos muestra que no existen diferencias significativas entre variedades con respecto al área foliar, la diferencia de valores es simplemente un valor al azar, no dependiente de las variedades evaluadas.

#### 6.4.2 Área foliar a los 110 DDS

En el Cuadro 14 se resume las medias por tratamiento y repetición de las seis variedades de espinaca, cosechadas a 110 DDS.

**Cuadro 14. Área Foliar 110 DDS**

Variedades	Área Foliar 110 días			
	B1	B2	B3	Promedio
<b>Bolero</b>	803,327	736,429	638,041	725,932
<b>Quinto</b>	794,799	994,086	1.297,074	1.028,653
<b>Majestic</b>	-	-	-	-
<b>New Zelanda</b>	348,403	553,454	443,420	448,426
<b>Skokum</b>	594,969	776,074	845,361	738,801
<b>Viroflay</b>	294,778	612,119	300,324	402,407

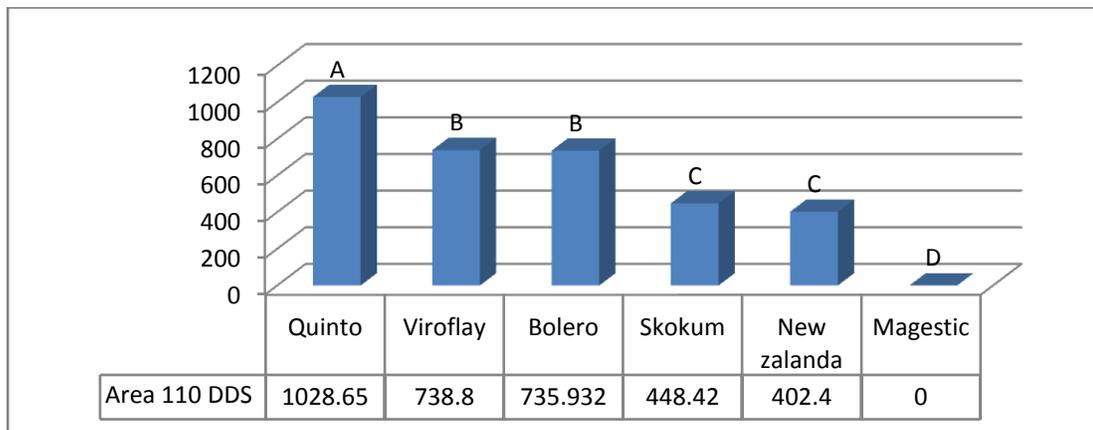
De acuerdo al cuadro 15 la variedad Quinto presenta un mayor promedio de área foliar, pero para una mejor evaluación se realizó el análisis de varianza (cuadro 15).

**Cuadro 15 Análisis de varianza de la variable área foliar a los 110 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	95147,04	2	47573,52	4,09	0,0665	ns
<b>Variedades</b>	434431,64	4	108607,91	9,34	0,0062	**
<b>Error</b>	81356,87	7	11622,41			
<b>Total</b>	610935,55	13				
<b>C.V.</b>	13,77					

Según los resultados obtenidos se observó diferencias significativas entre variedades con respecto al área folial cosechadas a 110 DDS.

Para establecer que variedad de espinaca presentó mayor área folial, se realizó la prueba múltiple de medias Tukey con un grado de significancia de 5%, esto se observa en la figura 9.



**Figura 8. Prueba Tukey de diferencia de significancia entre medias**

En la figura 8, se ve que la variedad de Espinaca que presentó mayor área folial a los 110 DDS fue Quinto, con 1028,65 cm<sup>2</sup>; el segundo lugar lo ocupan las variedades Viroflay y Bolero con 738,8 cm<sup>2</sup> y 735,93 cm<sup>2</sup> respectivamente; por último tenemos las variedades Skokum y New Zelanda con 448,43 cm<sup>2</sup> y 402,41 cm<sup>2</sup> respectivamente.

La variedad Majestic no presenta datos por haber sido cosechado completamente a los 80 días.

Realizando un análisis de los resultados obtenidos, decimos que para la segunda cosecha, el área folial se reduce en todas las variedades estudiadas, especialmente en las variedades Bolero y Quinto con una reducción de casi 50%.

Como mejor variedad, tomando en cuenta las dos etapas de cosecha, tendríamos a la variedad Quinto, que tiene una elevada producción folial y no tiene diferencia significativa entre sus áreas foliares obtenidas.

Las diferencias entre áreas foliares pueden deberse a una mejor adaptabilidad al sistema NFT, favoreciendo a algunas variedades, o a factores fenológicos de conformación de hoja, característicos de cada variedad.

## 6.5 Rendimiento

### 6.5.1 Rendimiento en peso planta entera/m<sup>2</sup> a 80 DDS

En el (Cuadro 16), se observa que el rendimiento de espinaca en g/m<sup>2</sup>, presenta diferencias significativas entre las variedades de espinaca. Lo anterior significa, que el rendimiento de espinaca obtenido, es diferente según el tipo de variedad que se utilizó, por lo que no es lo mismo producir cualquier variedad de espinaca en un sistema hidropónico NFT.

**Cuadro 16 . Analisis de varianza para la variable peso planta entera a 80 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	152068,24	2	76034,12	1,43	0,2850	ns
<b>Variedades</b>	5329798,92	5	1065959,78	20,01	0,0001	**
<b>Error</b>	532782,61	10	53278,26			
<b>Total</b>	6014649,78	17				

En la figura 9, se presenta la prueba múltiple de medias Tukey que permite establecer que variedad de espinaca presento mayor rendimiento por m<sup>2</sup>.

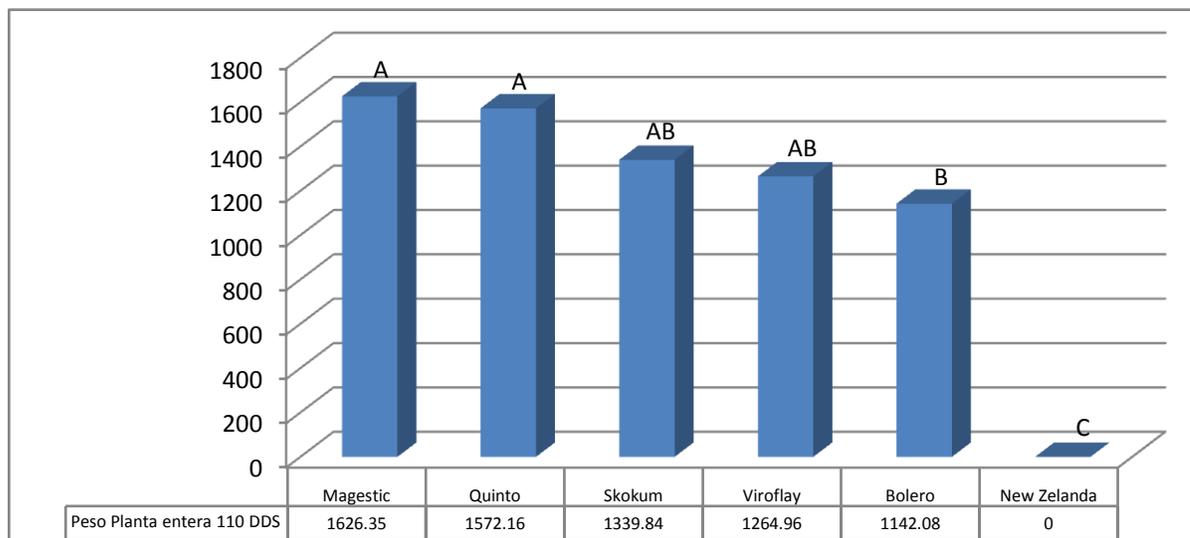


Figura 9. Prueba Tukey para Rendimiento en peso planta entera/canal a 80 DDS

Como nos muestra la figura 10, la variedad de espinaca que presento el mayor rendimiento en peso como planta entera por m<sup>2</sup>, fue Magestic con 1626,35 g/m<sup>2</sup> y Quinto con 1572,16 g/m<sup>2</sup>, el segundo lugar lo ocupan las variedades Skokum con 1339,8 g/m<sup>2</sup> y bolero con 1142,08 g/m<sup>2</sup>, y por último con el menor rendimiento tenemos a la variedad Bolero con 1142,08 g/m<sup>2</sup>.

La variedad New Zelanda no se encuentra en esta grafica, por no haber sido cosechada en esta época debido a falta de desarrollo.

### 6.5.3 Rendimiento en peso de hojas/m<sup>2</sup> a 80 DDS

En el análisis de varianza del (Cuadro 17) se observa que, el rendimiento de hojas de espinaca en g/m<sup>2</sup>, presentan diferencias significativas entre las variedades de espinaca.

**Cuadro 17. ANDEVA para la variable peso total de hojas por canal a 110 DDS**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	47644,90	2	23822,45	2,72	0,1191	ns
<b>Variedades</b>	1157971,92	6	192995,32	22,04	0,0001	**
<b>Error</b>	787797,24	9	8755,25			
<b>Total</b>	1284414,05	17				

Esto significa que existe una diferencia en rendimiento de hojas dependiente del tipo de variedad de espinaca utilizado en el sistema NFT; por lo que al menos una variedad de espinaca presento un rendimiento mayor que las demás.

En la figura 10, se presenta el resumen de la prueba múltiple de medias Tukey que permite establecer que variedad de espinaca ofrece mayor rendimiento por m<sup>2</sup>

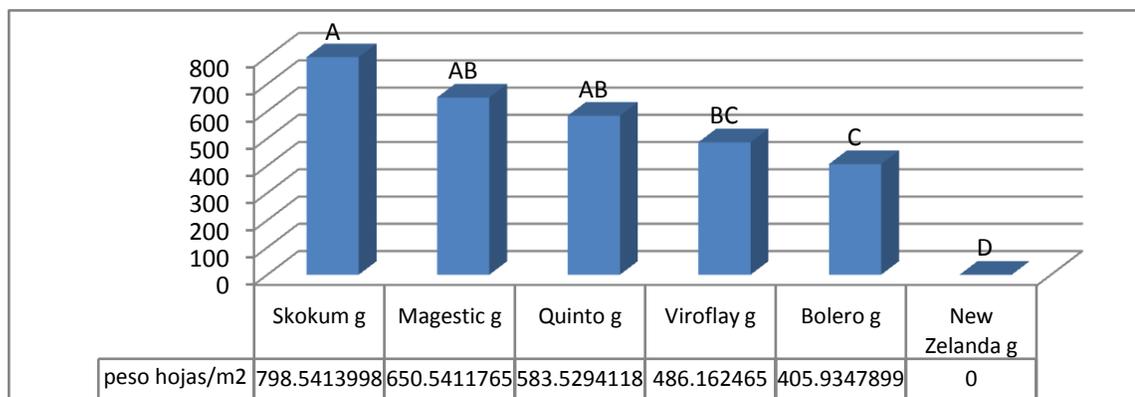


Figura 10. Prueba Tukey para la variable Peso total de hojas/canal

De acuerdo a la figura 10, la variedad Skokum presenta el mayor rendimiento en peso de hojas por m<sup>2</sup> con 798,54 g/m<sup>2</sup>.

La variedad Majestic con 650,54 g/m<sup>2</sup> ocupa el segundo lugar; en tercer lugar la variedad Quinto con 583,53 g/m<sup>2</sup>; en cuarto lugar la variedad Viroflay con 486,16 g/m<sup>2</sup>; y por último la variedad Bolero con 1437 g/m<sup>2</sup>.

#### 9.5.4 Rendimiento en peso total de hojas/m<sup>2</sup> a 110 DDS

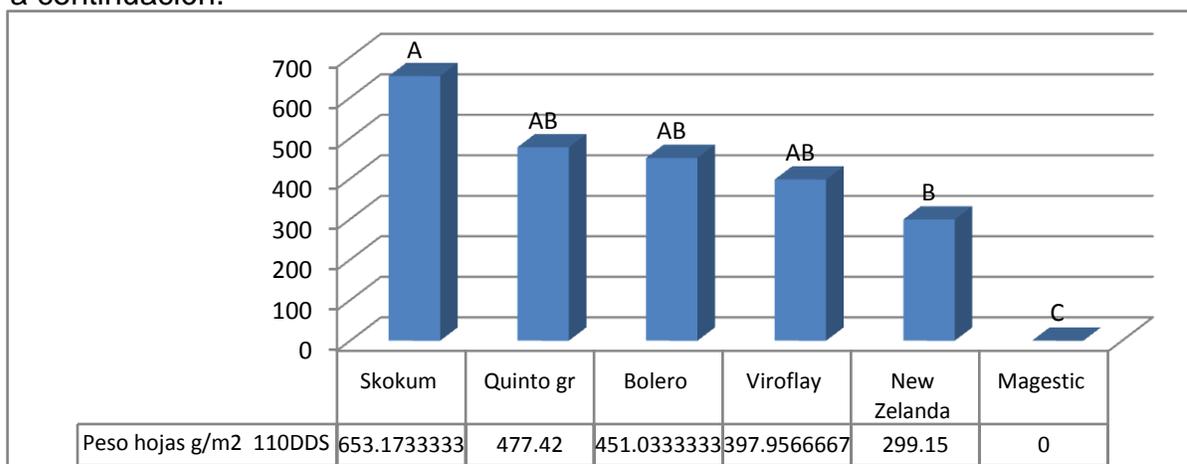
Para determinar si existe algún tipo de diferencias entre el rendimiento de hoja en g/m<sup>2</sup> se realizó el siguiente análisis de varianza.

**Cuadro 18. ANDEVA para la variable peso total de hojas/m<sup>2</sup>**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	11013,55	2	5506,78	0,27	0,7707	ns
<b>Variedades</b>	731701,51	6	121950,25	5,94	0,0093	**
<b>Error</b>	184794,94	9	20532,77			
<b>Total</b>	927610,01	17				
<b>CV</b>	17,73					

Según el análisis de varianza (Cuadro 18), se observa que existen diferencias significativas entre variedades con respecto al peso total de hojas para los 110 DDS, influenciado por el tipo de variedad de espinaca que se cultivo.

Para establecer que variedad de espinaca obtuvo un mayor peso de hoja, se realizó la prueba múltiple de medias Tukey con un 5% de significancia, presentada a continuación.



**Figura 11. Prueba de medias de Tukey para el peso total de hojas/m<sup>2</sup>.**

De acuerdo a la Figura 11, existen 3 grupos de crecimiento diferenciados. La variedad que presentó el mayor rendimiento al peso total de hojas fue Skokum con 653,17 g/m<sup>2</sup>, el segundo lugar lo ocupan las variedades Quinto con 477,42 g/m<sup>2</sup>, Bolero con 451,03 g/m<sup>2</sup> y Viroflay con 397,95 g/m<sup>2</sup>, por último la variedad New Zelanda con 299,15 g/m<sup>2</sup>.

Por lo tanto, al producir hojas para un segundo corte, la variedad Skokum sería la mejor opción, siendo una variedad híbrida de gran rendimiento y adaptación al sistema NFT.

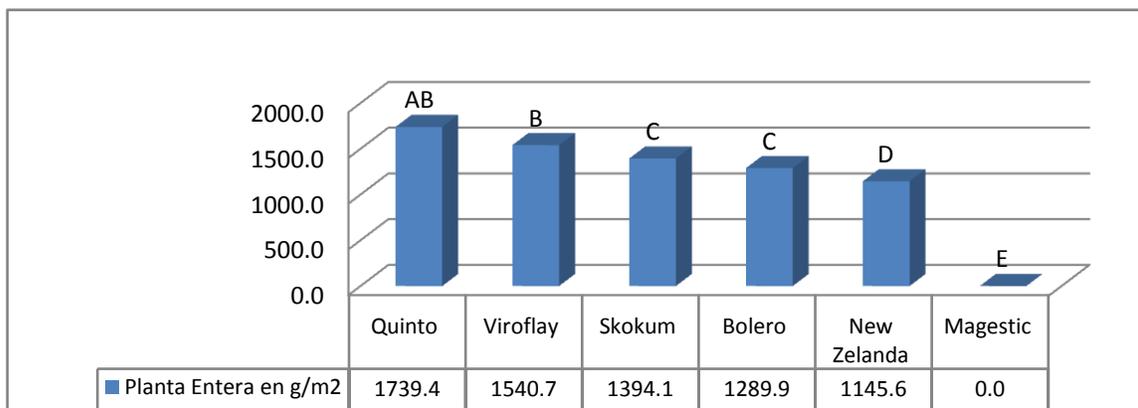
### 9.5.5 Rendimiento en peso planta entera/m<sup>2</sup> a 110 DDS

En el (Cuadro 19), se observa que el rendimiento en peso total de espinaca en g/m<sup>2</sup>, presenta diferencias significativas entre variedades de espinaca, lo que significa que el rendimiento de espinaca será diferente, según el tipo de variedad que se utilice en el sistema NFT.

**Cuadro 19. ANDEVA para la variable peso total/m<sup>2</sup>**

F.V.	SC	gl	CM	F	p - valor	
<b>Bloques</b>	79583,31	2	39791,66	7,13	0,0139	ns
<b>Variedades</b>	5683534,12	6	947255,69	169,77	<0,0001	**
<b>Error</b>	50271,40	9	5579,71			
<b>Total</b>	5813334,84	17				
<b>CV</b>	6,3					

En la figura 12, se presenta la prueba múltiple de medias Tukey para determinar que variedad de espinaca ofreció un mayor rendimiento en g/m<sup>2</sup>



**Figura 12.** Prueba múltiple de medias de Tukey para el peso total/canal.

De acuerdo a la figura 12 existen 3 grupos de rendimientos diferenciados al momento de la cosecha.

La variedad que obtuvo el mayor rendimiento al momento de la cosecha como planta entera, fue la variedad Quinto con 1739,45 g/m<sup>2</sup>, el segundo lugar lo ocupa la variedad Viroflay, con 1540,74 g/m<sup>2</sup> en tercer puesto tenemos a Skokum y Bolero con 1394,74 g/m<sup>2</sup> y 1289,93 g/m<sup>2</sup> respectivamente, con el menor rendimiento tenemos la variedades New Zelanda con 1145,56 g/m<sup>2</sup>.

Por lo tanto la mejor opción de producción y cosecha a los 110 DDS como planta entera, sería la variedad Quinto, siendo la que mayor peso en fresco obtuvo por mejor adaptación al sistema NFT.

### 9.5.6 Relación de rendimientos de hoja por bolsa a los 80 y 110 DDS

De acuerdo a la figura 13, podemos ver que el rendimiento de hojas de espinaca por bolsa de 250 g obtenidas por variedad a los 80 días es igual que a los 110 días, es decir no que existe una disminución en el rendimiento de hojas en todas las variedades.

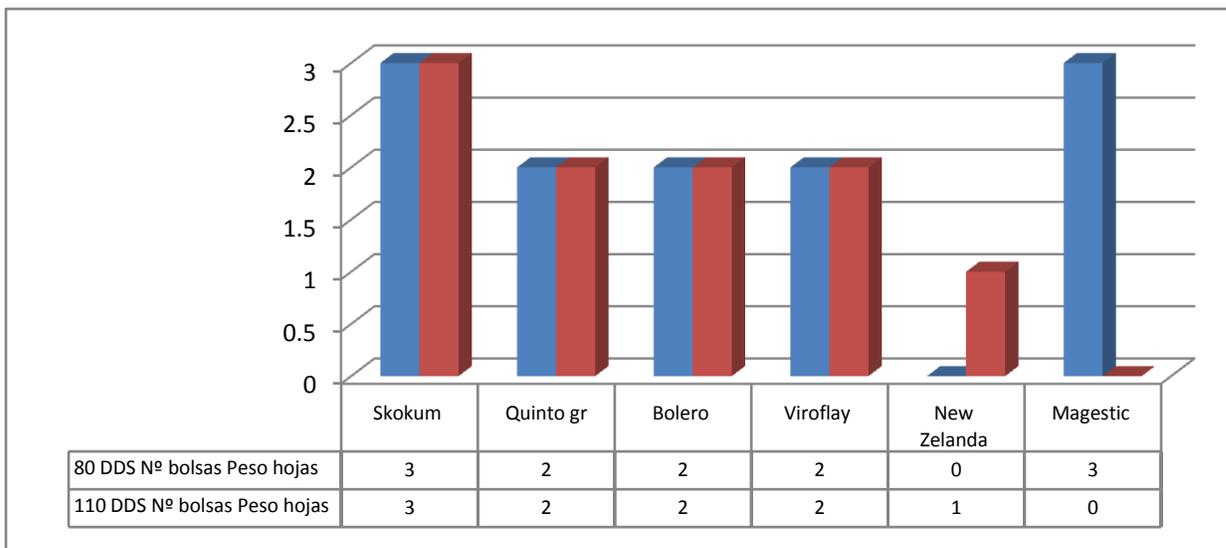


Figura 13. Numero de bolsas/m<sup>2</sup> a 80 DDS y 110 DDS

### 6.5.8 Relación de rendimientos de planta entera por bolsa a los 80 y 110 DDS

Se realizó a continuación una comparación entre los 80 y 110 DDS para los rendimientos de planta entera por bolsas obtenidas.

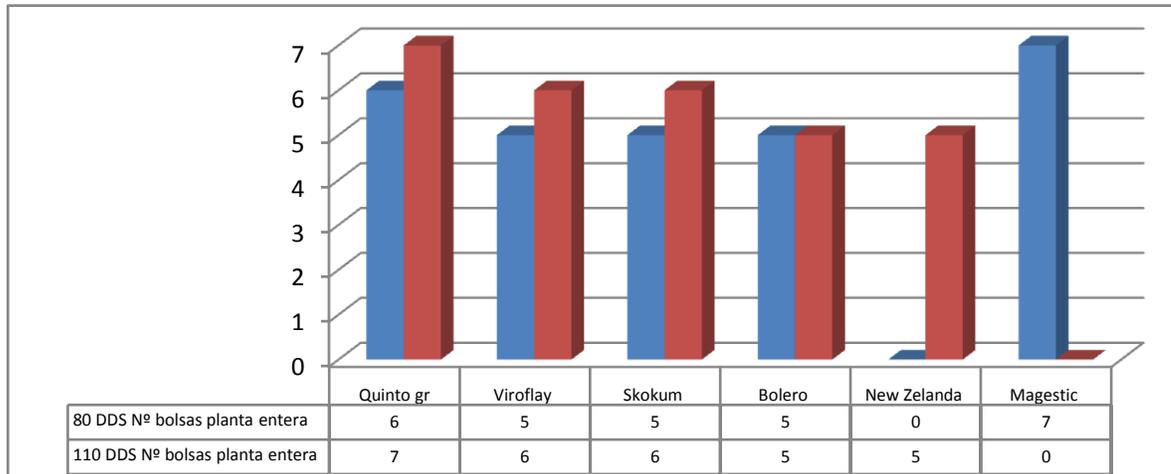


Figura 14. Nº de bolsas/canal a 80 DDS y 110 DDS

De acuerdo a la figura 14 podemos ver que el rendimiento de espinacas envasadas como plantas enteras por bolsa de 250 g, obtenidas a los 110 DDS es mayor que a los 80 DDS, por lo que el rendimiento de plantas por bolsa aumenta en la 2da época de cosecha para todas las variedades.

Sirpa (2009), el promedio en rendimiento de peso por planta del cultivo de espinaca Viroflay es de 60 g, cultivado bajo un sistema hidropónico en piscina.

Campero (2004), obtuvo un promedio de rendimiento de 53 g/planta para la variedad de espinaca Viroflay cultivada en el suelo.

Mientras que en el sistema NFT la variedad Viroflay obtuvo un rendimiento en peso por planta cultivada de 48 g, que indicaría que el rendimiento en suelo y en piscina es mejor que en el sistema "NFT" para esta variedad.

Pero los rendimientos de las variedades Magestic y Quinto que son de 60 g y 61 g superan a los obtenidos en suelo por Campero (2004) y en piscina hidropónica por Sirpa (2009); por tal motivo el sistema NFT sería superior en cuestión de rendimientos.

Además el rendimiento por m<sup>2</sup> en el sistema NFT es de 80 plantas, mientras que en piscina hidropónica es 28 plantas (Sirpa, 2009) y en suelo 16 plantas (Campero, 2004). Lo que indica que el rendimiento en peso por planta será mayor bajo el sistema NFT.

## **6.6 Análisis Económico**

### **6.6.1 Costos Variables**

En el Cuadro 20 se detalla todos los gastos en relación a costos variables, realizados durante el experimento.

**Cuadro 20. Costos Variables**

<b>MATERIALES</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (Bs)</b>	<b>Subtotal</b>
Plant. Prod Canadá 15 - 15 – 30 + Micro nutrientes	kg	1	45	45
Nitrato de Calcio.	kg	1	25	25
Nitrato de Amonio.	kg	1	25	25
Nitrato de Potasio.	kg	1	25	25
Sulfato de Magnesio.	kg	1	25	25
Espuma de 2cm	hoja	1	30	30
Electricidad	kWh	240	1	240
Fungicida e Insecticida	L	1/2	50	50
Semillas	oz	1	30	30
Soda Caustica	kg	1	10	10
Agua	m <sup>3</sup>	2	3	6
<b>TOTAL COSTO PARA UN CICLO PRODUCTIVO</b>				<b>511</b>

### **6.6.2 Costos Fijos**

En el siguiente cuadro 24 y 25 se detalla todos los gastos en relación a costos fijos realizados durante el experimento.

**Cuadro 21 Costo estructura "A"**

<b>Materiales para la Construcción de la Estructura en "A" para la Etapa Final</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Bs</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Listones de madera	2 metro	36	20	720
Listón de madera 1,5 m	1,5 metro	18	15	270
Tubos PVC de 3 in	metro	27	40	1080
Tapón PVC de 3 in	pieza	12	2	24
Pegamento PVC	litro	2	20	40
Piezas de sujeción en J	pieza	116	2,5	290
Pintura blanca	litro	10	30	300
Semi-sombra al 50%	Metro lineal	20	45	900
Alambre de amarro	rollo	2	10	20
Plastoform 1,5 cm	lamina	40	5	200
Remaches	caja	3	40	120
Tornillos de 1in	pieza	450	0,2	90
Clavos de 3 in	bolsa	3	10	30
Mano de obra	jornal	7	100	700
<b>SUB TOTAL</b>				<b>4784</b>
<b>Materiales para la Construcción del Sistema de Riego</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Bs</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Poli tubo de ½ in	metro	18	3,5	63
Tapón hembra de ½ pulg	pieza	1	2	2
Reductor de 1 a ½ in	unidad	1	3,5	3,5
Miple de 1 in	pieza	3	3	9
Llave de paso universal 1in	pieza	1	65	65
T de 1in	pieza	1	4	4
Tapón macho de 1 in	pieza	1	2,5	2,5
Bomba de 0,5 HP	pieza	1	1100	1100
Tubo de 1 in	metro	6	50	300
Codo de 1 in	pieza	2	5	10
Teflón	pieza	4	3	12
Válvula cácher	pieza	1	80	80
Tanque de 300 L	pieza	1	450	450
Emisor de riego de 6 mm	pieza	12	2	24
Micro tubo de 6 mm	metro	6	3	18
Tubo corrugado eléctrico	metro	6	5	30
Codo de 3pulg	Pieza	2	4	8
Tubo de 3 pulg	metro	4	40	160
Mano de obra	Jornal	2	100	200

Manguera	metro	10	3	30
<b>SUB TOTAL</b>				<b>2571</b>
<b>Materiales para la Construcción del Sistema Eléctrico</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Bs</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Cable electico	metro	10	2	20
Temporizador	pieza	1	200	200
Toma corriente	pieza	1	5	5
Mano de obra	jornal	0,5	100	50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>225</b>
<b>Total para una estructura "A" de producción</b>				<b>7580</b>

**Cuadro 22. Costo de almacigo, piscinas y Total inversión Sistema NFT**

<b>Materiales para la Construcción del Almacigo para la 1ra etapa del cultivo de 2m<sup>2</sup></b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Bs</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Listón de Madera de 5cm*1cm	Metro	3	5	15
Agro film	Metro lineal	1	40	40
Clavos 1,5 in	unidad	10	0,1	1
Grampas 23/6-8	caja	1	8	8
Turba	saco	1	30	30
Cascarilla de arroz	bolsa	1	30	30
Arena	palas	5	5	25
Mano de obra	jornal	0,5	100	50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>199</b>
<b>Materiales para la Construcción de Piscinas para la 2ra etapa del Cultivo de 4 m<sup>2</sup></b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO Bs</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Listón de madera de 5cm*1cm	metro	7	5	35
Agro film	Metro lineal	2	40	80
Grampas	caja	1	8	8
Clavos	unidad	20	0,1	2
Bandeja de germinación	unidad	8	40	320
Mano de obra	jornal	0,5	100	50
<b>SUB TOTAL</b>				<b>495</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NFT</b>				<b>8274</b>

### 6.6.3. Beneficio Bruto

En el (cuadro 23) se presentan la cantidad de bolsas de espinaca obtenidas a los 80 y 110 DDS con un beneficio bruto en Bs por tratamiento ponderadas a una 100 m<sup>2</sup> de producción en el sistema NFT.

**Cuadro 23. Beneficio Bruto obtenido por Variedades para 100m<sup>2</sup>**

Variedad	Nº bolsas 80 días hojas	Nº bolsas 110 días planta entera	BB en Bs
Viroflay	200	600	2000
Skokum	300	600	2250
Bolero	200	500	1750
Majestic	700	0	1750
Quinto	200	700	2250
New Zelanda	0	500	1250

A los 80 DDS se realizó la cosecha de hojas, y a los 110 DDS se realizó la cosecha de toda la planta.

Según el (cuadro 23) la variedad Majestic fue la de mayor rendimiento a los 80 días después de la siembra, esto fue por ser una planta de crecimiento acelerado, por lo que se la tuvo que cosechar completamente a los 80 días.

La Variedad Quinto y Skokum son las de mayor Beneficio Bruto.

Global mente la variedad de mayor Beneficio Bruto total llega a ser la variedad Quinto que no disminuye en su rendimiento a los 110 DDS y por lo tanto llega a proporcionar un mayor beneficio al final del ciclo productivo.

La variedad New Zelanda es la que peor se adaptó al sistema NFT, obteniendo menos ganancias en comparación con las demás.

#### **6.6.4 Relación Beneficio Neto, B/C y Rentabilidad.**

El siguiente análisis económico está diseñado para un área de 100 m<sup>2</sup>, de cultivo dentro del sistema hidropónico NFT para una producción de espinaca.

**Cuadro 24. Relación Beneficio Neto, B/C y Rentabilidad**

Variedad	B.B. Total	CV	Beneficio Neto Bs	Relación B/C	Rentabilidad %
<b>Viroflay</b>	2000	<b>511</b>	1489	3,91	52,5
<b>Skokum</b>	2250	<b>511</b>	1739	4,40	57,9
<b>Bolero</b>	1750	<b>511</b>	1239	3,42	46,5
<b>Majestic</b>	1750	<b>511</b>	1239	3,42	50,4
<b>Quinto</b>	<b>2250</b>	<b>511</b>	<b>1739</b>	<b>4,41</b>	<b>60,4</b>
<b>New Zelanda</b>	1250	<b>511</b>	739	2,44	24,2

En el (Cuadro 24) se observa el Beneficio neto, para todas las variedades de espinacas estudiadas y producidas a través de la producción hidropónica; la variedad Quinto es la que nos proporción a un mayor beneficio neto.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa en el Cuadro 27, todas las variedades de espinacas estudiadas y producidas a través de la hidropónica, resultan ser rentables, la relación B/C es mayor a uno en todos los casos.

### 6.7. Tiempo de Recuperación de inversión

El costo de implementación del sistema NFT es de 8264 que es el costo del sistema y una pirámide que ocuparía 54 m<sup>2</sup>, pero el coste para la implementación en 100 m2 es distinto con un valor rondando los 15000 Bs.

En el cuadro 25 podemos ver el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial

**Cuadro 25. Tiempo de Recuperación de inversión para una pirámide de producción**

Variedad	Beneficio Neto Bs	Ciclos	meses
<b>Viroflay</b>	1489	10	10
<b>Skokum</b>	1739	9	9
<b>Bolero</b>	1239	12	12
<b>Majestic</b>	1239	12	12
<b>Quinto</b>	1739	9	9
<b>New Zelanda</b>	739	20	20

En el cuadro 25, observamos que el tiempo de recuperación más corto es para la variedad Quinto y Skokum con un tiempo de 9 ciclos.

Para que efectivamente se aproveche el sistema en toda su capacidad se debe ampliar e implementar en un área más grande reduciendo los gastos en electricidad, bomba de agua, nutrientes, etc. Pues de acuerdo a Resh (2005), se puede usar el nutriente hasta 0,1 L de solución, por planta adulta, lo que subiría notablemente la rentabilidad del sistema y por tanto disminuiría los tiempos de recuperación de la inversión.

## **10 CONCLUSIONES**

- De acuerdo a los resultados obtenidos a los 80 DDS, la variedad Viroflay es la mejor opción al momento de producir si se busca un mayor largo de hoja con 25 cm, mientras que a los 110 DDS se observa una homogeneidad en el largo de hoja entre variedades por lo que cualquier variedad sería una opción.
- La variedad que presento los mejores resultados de ancho de hoja a los 80 DDS fue Viroflay con 8,93 cm, mientras que a los 110 días la variedad Skokum es la que presenta el mayor ancho de hoja con 9,27 cm. Por lo que cualquiera de estas dos sería una buena opción al momento de elegir la variedad a producir.
- De acuerdo al número de hojas obtenidas en las dos épocas de siembra la variedad New Zelanda es la de mayor rendimiento con 12,8 hojas en la primera cosecha y aumentando a 28 hojas en la segunda cosecha; las demás variedades no presentaron diferencia significativa entre hojas, obteniéndose como promedio 11 hojas para las dos cosechas.
- No obstante se puede concluir que, el número de hojas producidas no es un indicador de mayor productividad, debido a que el tamaño de las hojas de la variedad New Zelanda son relativamente pequeñas comparadas con las demás variedades estudiadas.
- Según los resultados de área foliar en forma global a los 80 DDS y 110 DDS la variedad Quinto es la mejor, generando mayor materia verde, siendo este un buen indicador de adaptabilidad al sistema NFT.
- La variedad de espinaca que presento el mayor rendimiento en peso fresco como planta entera por m<sup>2</sup> a 80 DDS fue Magestic con 1626,35 g/m<sup>2</sup> y Quinto con 1572,16 g/m<sup>2</sup>, por lo que son la mejor opción al momento de producir de forma comercial siendo estas las más productivas.
- La variedad Majestic resulto ser la de más rápido desarrollo en el sistema estando lista para la cosecha en menos de 80 DDS , no obstante su cosecha debe realizarse de forma completa, debido a que su tamaño no le permite estar mucho más tiempo en el sistema, por falta de estabilidad.

- A los 110 DDS la variedad Quinto presento el mayor peso fresco como planta entera con 1739,45 g/m<sup>2</sup> por lo que si se quiere realizar una primera cosecha de hojas y esperar una recuperación de la planta la variedad Quinto es la mejor elección.
- Si se pretende producir espinaca por cortes de hoja, la variedad Skokum sería la mejor elección por haber obtenido el mayor peso fresco con 653,17 g/m<sup>2</sup>.
- Las variedades Viroflay, Skokum y Bolero presentaron similares resultados de rendimiento bajo el sistema NFT, siendo indistinto la elección de una de las tres.
- La variedad New Zelanda presento el menor desarrollo y baja adaptabilidad en este sistema, esto puede deberse a que no es una variedad hibrida. Siendo así la peor opción, si se quiere producir espinaca de forma comercial en este sistema hidropónico.
- El mayor beneficio/costo se obtuvo con la variedad Skokum y Quinto, siendo ésta de 4,41 con un ingreso neto de 1739 Bs en 100 m<sup>2</sup> de área productiva.
- La producción de espinaca en invierno bajo el sistema NFT es económicamente factible habiendo opciones resistentes al frio, como la variedad Quinto y Bolero.
- De acuerdo a los resultados de largo, ancho, área folial y numero de hojas obtenidos, existe una disminución de rendimientos entre las dos épocas de cosecha. Por lo que no es lo mismo cosechar las espinacas a los 80 DDS que a los 110 DDS.
- El desarrollo de espinaca bajo el sistema NFT no supero a la producida bajo un sistema hidropónico en piscina o el de una producción en suelo; no obstante el mayor número de plantas producida por m<sup>2</sup> compensarían esta desventaja, y por lo tanto seguiría siendo superior la producción de espinaca en el sistema NFT.

## **11 RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos; en el presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se deben realizar pruebas para determinar métodos de siembra más sencillos para reducir la mano de obra utilizada.
- Se debe tener mucho cuidado con las plantas de espinaca después del primer corte por que a medida que la planta va creciendo pierde estabilidad dentro del sistema NFT.
- El tiempo de recuperación de la inversión se reduciría considerablemente si se aumenta al área de producción.
- Se debe realizar más estudios para aumentar las opciones de producción de hortalizas dentro el sistema NFT.
- Se recomienda un control preventivo de enfermedades y plagas, ya sea utilizando productos químicos o practicas terapéuticas ecológicas.
- Se debe evitar la producción de plantas en tierra junto a las del sistema NFT por la probabilidad de contagio de enfermedades y plagas provenientes del suelo.
- Se debe llevar a cabo todas las medidas de sanidad adecuadas para evitar posibles brotes de enfermedades puesto que bajo es sistema NFT el contagio entre plantas es mucho más rápido.
- Antes de realizar el transplante al sistema NFT se recomienda activar el sistema una semana antes haciendo correr agua, para detectar posibles fugas, goteras, desbordes o malos funcionamientos eléctricos y detectar emisores de riego no funcionales.
- El manejo adecuado de la temperatura en carpa es fundamental para un buen desarrollo de las plantas de espinaca.
- Se pueden realizar estudios para determinar nuevas formulas hidropónicas para el cultivo de espinaca.

## **12 BIBLIOGRAFÍA**

ALVAREZ, G. J. 1999. Hidroponía, principios y métodos de cultivo., Alta Vista. Consultado 12 de septiembre del 2014. Disponible en Alvarezg@hotmail.com

AGROALIMENTACIÓN., 2009. El cultivo de la espinaca. Disponible en: <http://www.abcagro.com/hortalizas/espinaca2.asp>

ALVARADO, D.; CHAVEZ, F.; ANNA, K. 2001. Seminario de Agronegocios: Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacífico. Consultado 15 de abr. 2015 Disponible en: <http://www.upbusiness.net/upbusiness/docs/mercados/11.pdf>.

ATEHORTUA, L.; JARAMILLO, J. El Poder de los vegetales., Bogotá –Colombia. Produmedios. 2002, 60 p.

ARMSTRONG, M. J., KIRKBY, E. A. 2005. The influence of humidity on the mineral composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant and Soil* 52, 427- 435

BARROS, P., 1999. Hidroponía. Alta Vista. Consultado 03 mayo 2014. Disponible en: [www.Barros@hotmail.com](http://www.Barros@hotmail.com).

BARBADO., 2005. Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema recirculante. Atlántica de Costa Rica. Universidad EARTH. pp. 39.

BAIXAULI, C.; AGUILAR, J., 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana, Consejería de agricultura pesca y alimentación. Valencia, España: pp. 110.

BRADFORD, K. 2000. Effects of sell flooding on leaf gas exchange of tomato plants. *Plant Physiol.* 73:475-479.

BRADFORD, K., YANG, F. S. 2000. Physiological responses of plants. HortScience, California-EEUU.

CASTAÑEDA, F., 2009 Manual de Cultivos Hidropónicos Populares: Producción de Verduras sin usar la tierra. Guatemala. INCAP. 36 p.

CANAZA E., Hidroponía. Alta Vista. Consultado 17 de Enero del 2014. Disponible en canaza@hotmail.com.

CATACORA, E.P., 1996 Curso Internacional de Hidroponía. Centro de investigación de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú. Pp. 396

CARRASCO, G., IZQUIERDO, J. 1996. Manual Técnico La Empresa Hidropónica de Mediana Escala, La Técnica De La Solución Nutritiva Recirculante "NFT". Universidad de Talca, Chile. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

CULTURIZANDO., Culturizando. 2012. Beneficios de la Espinaca. Consultado 16 de enero de 2014. Disponible [www.culturizando.com/2012/11/10-beneficios-de-las-espinacas.html](http://www.culturizando.com/2012/11/10-beneficios-de-las-espinacas.html).,

DÁVILA, S. 2010. Efectos del Biol sobre dos cultivares de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo manejo orgánico (en línea), Consultado el 6 de feb 2014

disponible en:

<http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/hortalizas/Tesis/espinacanicah.htm>

DURAN, J., 2000. El proyecto Aeroponia. Aeroponic Research. Consultado el 15 abr. 2014, Disponible en <http://www.aeroponic.it/esp/progetto.htm>

ESTRADA LIGORRÍA, L., 2001. Fertilizantes líquidos STOLLER. In Curso Taller: La hidroponía, una alternativa de cultivo ecológico y rentable, Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 1 CD.

EROSKI. 2001. Espinaca, Guía de Hortalizas y verduras. (en línea), Consultado 6 de feb. de 2015, Disponible en: <http://www.consumer.es>

ELENA. 2009., Cultivo de espinaca bajo hidroponía en invernadero. Trabajo dirigido, (Universidad Mayor de San Andrés).

FERNANDEZ, E., (1995) La solución nutritiva en hidroponía. Curso taller. Lima Peru.

FOSSATI, C., 1986. Como practicar el hidro-cultivo. Editorial Edaf. Madrid - España. pp. 27, 37, 98, 99.

FURLANI, T., 1997. Conferencia Internacional de hidroponía comercial. Centro de investigación de hidroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Peru. Pp. 170.

JENSEN, M., 2001. Producción hidropónica en invernaderos. **In:** Red hidroponía, La Molina. <<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12.htm>>. (7 abr. 2014).

GORINI, F., 2000. El cultivo de la espinaca. Zaragoza, ES. Acríbia. p. 12 -14

HUTERWAL, G. O., 1991. Hidroponía. Editorial Albatro. Buenos Aires Argentina. pp. 40 53.

IZQUIERDO. J., 2005. Hidroponia Popular, Oficina Regional de la FAO, Santiago – Chile. Pp 50

INFOAGRO., 2005. Hortalizas de Hoja, Espinaca. Revisado el 25 de ene. 2014. Disponible en: [www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.\(2005\)](http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.(2005))

INFOJARDIN. 2005. Beneficios de la Espinaca. Revisado el 04 de mar. 2014. Disponible en: [www.infojardin.com/espinaca.\(2006\)](http://www.infojardin.com/espinaca.(2006))

JACKSON, M. B., 2002. Aeration in the nutrient film technique of glasshouse crop production and the importante of oxigen, ethylene and carbon dioxide. Acta Horticultura Pp 61-78

JIMÉNEZ, J.; VALERO, L.M.; 2010. "Pimiento California en cultivo hidropónico con recirculación sistema NGS". Memoria de actividades 2005. Resultados de Ensayos Hortícolas. CAPA. Generalitat Valenciana. Fundacion Caja Rural Valencia.

KIRKBY, E.A., 2008. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* Pp. 6-14.

KRAMER, P., 2000. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. *Plant Physiol.* Pp. 722-736.

MOKATE, K.M., 1998. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid- España. pp.66 - 75.

MORGAN, L., 2001. La importancia del oxígeno en hidroponía. El oxígeno disuelto es algunas veces el ingrediente que olvidamos en la solución nutritiva (en línea). Lima, UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina). Consultado 28 ago. 2006. Disponible en [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin1\\_1.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin1_1.htm)

MURILLO, W.A., 2010. Optimización de la producción de tres especies de hortalizas bajo producción hidropónica en el sistema NFT en los invernaderos “La Huerta” en la localidad de Chicani. Trabajo dirigido. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.

PARSON, L., KRAMER, P., 2000. Diurnal cycling in root resistance to water movement. *Physiol. Plant.* 30: 19-23.

PAMPLONA, Jorge. Placer y salud en su mesa., Buenos Aires – Argentina. ACES. 2004, 46 – 47.

PENNIGSFELD F. y KURZMANN P., 1993. Cultivos hidropónicos y en turba. Editorial Mundi-Prensa. Madrid- España. pp.15 - 57.

RESH, H. M., 2005. Cultivos hidropónicos. 5ta Edición. Editorial Mundi — Prensa. Madrid —España.

RODRIGUEZ, A.; HOYOS, M.; CHANG, M., 2002 Manual práctico de hidroponía. 3ra Edición. Centro de investigación de hidroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

SÁNCHEZ, F; ESCALANTE, E., 2004. Un sistema de producción de plantas; hidroponía, principios y métodos de cultivo. 3 ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 193 p.

SANTAFEAGRO. 2011., Perfil del mercado de la espinaca. Visito 12 feb. 2014, Disponible en: <http://www.santafeagro.net>.

SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología 2006. Boletín climatológico.

SIRPA, E.L., 2008. Cultivo de la espinaca (*spinacea oleracea l.*) Bajo hidropónia en condiciones de invernadero. Trabajo dirigido. UMSA. Carrera Técnica Superior Agropecuaria de Viacha. La Paz – Bolivia.

Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, US. 2004. Manual de fertilizantes para horticultura. Trad. Manuel Guzmán. México, Limusa. 297 p.

URIBE P. 2001. Guía de huerto hidropónico. Serie Manual técnico. Instituto de investigación agraria (INIA). Argentina.

VALDEZ, L.A., 1990 Producción de hortalizas. Edit. LIMUSA. Mexico. Pp. 141-147.

WANAMEY, L., 2003. Plantas medicinales, propiedades, usos medicinales. Consultado el 6 de feb. 2015. Disponible en <http://www.wanamey.org/plantas-medicinales-2/propiedadesplantas-medicinales-usos.htm>

ZONADIET., Recetas Vegetarianas, La espinaca. Revisado el 24 de mayo de 2014, disponible en: [www.zonadiet.com/comida/espinaca.htm](http://www.zonadiet.com/comida/espinaca.htm)

ZONISIG. , Zonificación Agroecológica y Socioeconómica de la cuenca del Altiplano del Departamento

# ANEXOS

**ANEXO 1. VARIACIÓN DE TEMPERATURA**

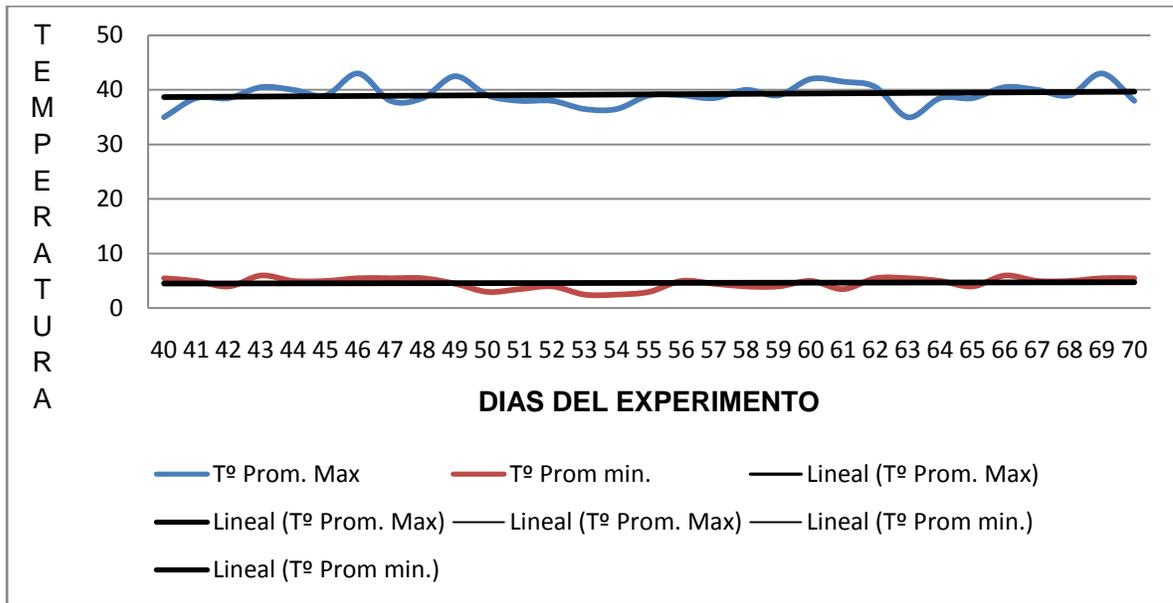


Figura 22. Variación de Temperatura días 40 – 70

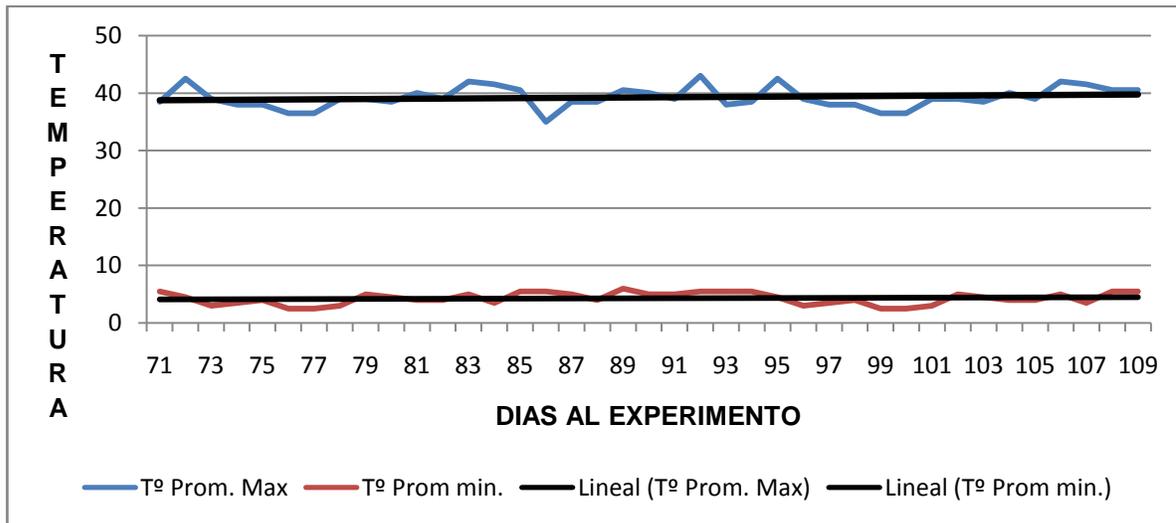


Figura 23. Variación de Temperatura días 71 - 11

## ANEXO 2. COMPORTAMIENTO DE pH

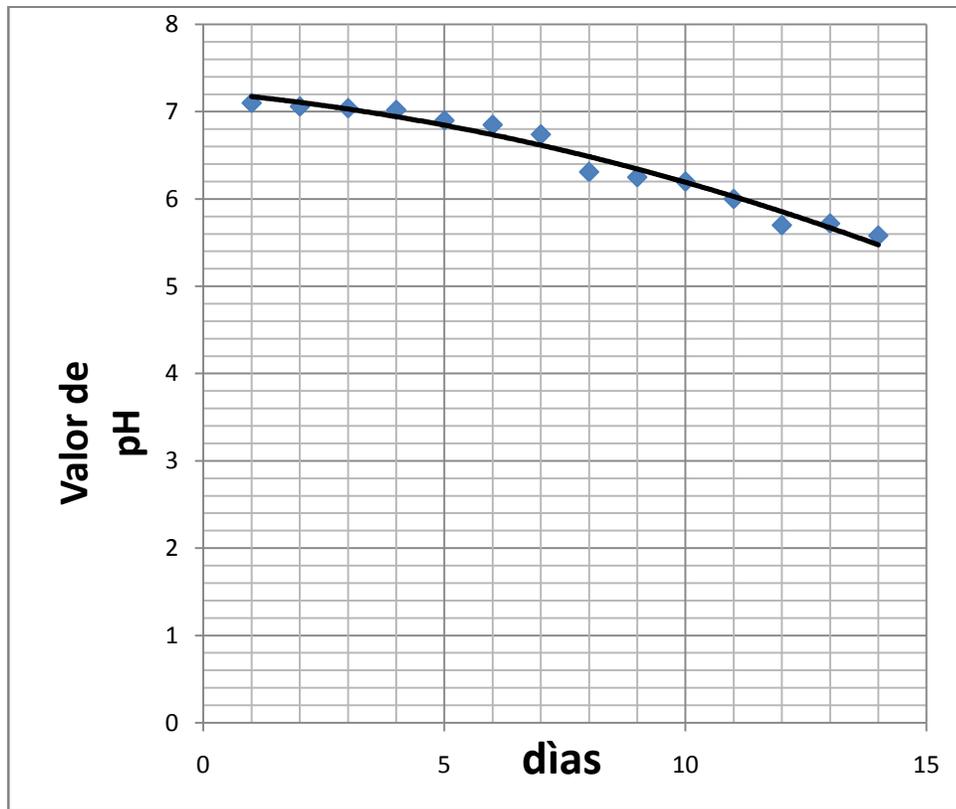


Figura 24. Comportamiento del pH de la solución Nutritiva

**ANEXO 3. VARIEDADES DE ESPINACA**



Variedad Majestic



Variedad Bolero



Variedad New Zelanda



Variedad Skokum



Variedad Viroflay



Variedad Quinto

#### **ANEXO 4. DESARROLLO DE ESPINACA**



Cosecha de la espinaca



Des estabilidad de la Variedad Majestic en el sistema NFT



Desarrollo de las raíces en el canal de cultivo

**ANEXO 5. Almaciguera Sustrato Neutro**



**ANEXO 6. Almacigo Flotante**



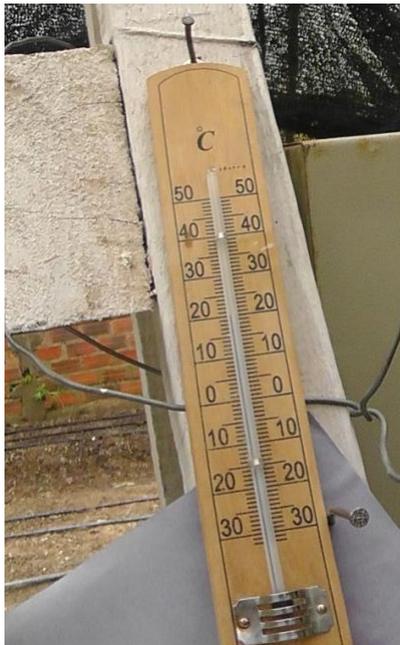
**ANEXO 7. TOMA DE DATOS DE CONTROL**



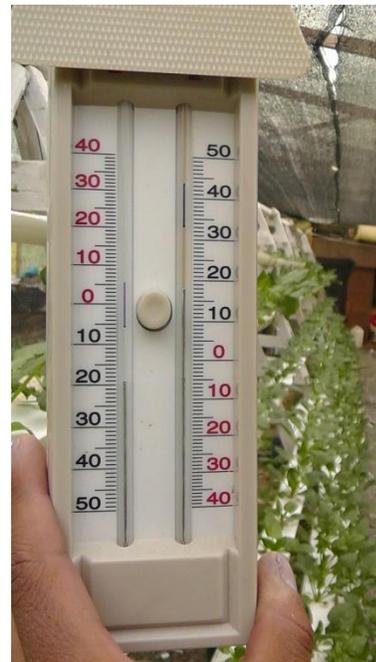
Control de Conductividad



Control de pH



Control de Temperatura



Control de T° Max y Min

**ANEXO 8. COMPONENTES DEL SISTEMA NFT**



Sistema de Bombeo



Temporizador



Estructura en "A" o pirámide de producción



Sistema de distribución



Sistema de drenaje

### **ANEXO 9. PROLIFERACIÓN DE PULGONES**



### **ANEXO 10. COSECHA**

