

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EFFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS  
EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ESPINACA  
(*Spinacia oleracea L.*) MEDIANTE EL SISTEMA  
HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE EN K'AYRA – CUSCO.**

Tesis presentada por la Bachiller en  
Ciencias Agrarias **RUTH QUIPO  
MENDOZA**, para optar al Título  
Profesional de **INGENIERO  
AGRÓNOMO**.

**Asesores:**

Mgt. Arcadio Calderón Choquechambi

Mgt. Doris Flor Pacheco Farfán

**Patrocinador:**

Tesis Financiada por la UNSAAC.

Centro de Investigación en Suelos y  
Abonos (CISA)

**CUSCO – PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis está dedicado a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional y hacer realidad mis sueños, a mi gran amigo quien siempre estuvo a mi lado en todo momento mi amado Jesús.

A mi querido padre, **Santiago Quipo Montalvo**, quien es la razón que me permite seguir adelante y lograr mis objetivos, con su constante apoyo y sacrificio que hizo realidad la culminación de mi profesión.

Con afecto y cariño a mis hermanos: **Vanesa, Angelica y Waldir**, por su apoyo constante e interés para la obtención de este logro.

A mis asesores, amigos, compañeros y familiares por su gran apoyo y ánimo en todo momento.

## AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a Dios todo poderoso que nos ha dado la vida y nos da sabiduría y así poder haber concluido este trabajo de tesis.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco que me brindó sus instalaciones y servicios durante mi formación profesional.

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarme el apoyo económico para desarrollar el presente trabajo de tesis.

A todos mis Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haberme impartido sus conocimientos y experiencias durante mi vida universitaria.

Con profundo reconocimiento y agradecimiento a mis asesores **Mgt. Arcadio Calderón Choquechambi y Mgt. Doris Flor Pacheco Farfán**, por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, por las acertadas sugerencias y orientaciones durante el desarrollo del presente trabajo.

Al **Centro de Investigación de Suelos y Abonos (CISA)**, por permitir el desarrollo de esta tesis en las instalaciones de la Unidad de Lombricultura.

A mis queridos padres y familiares que me brindaron todo el apoyo para mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros que con su estímulo contribuyeron al logro de este propósito, los llevaré siempre en mi corazón.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	vii
<b>I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN</b>	
1	
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
<b>II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN</b>	
4	
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2.3. JUSTIFICACIÓN	4
<b>III. HIPÓTESIS</b>	6
3.1. HIPÓTESIS GENERAL	6
3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	6
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b>	7
4.1. ANTECEDENTES DE HIDROPONÍA	7
4.2. CULTIVO DE LA ESPINACA	8
4.2.1. Origen	8
4.2.2. Importancia económica y distribución geográfica	8
4.2.3. Posición sistemática	10
4.2.4. Morfología	10
4.2.5. Variedades	12
4.2.6. Cultivo	14
4.2.7. Rendimiento	15
4.3. CULTIVO HIDROPÓNICO	15
4.3.1. Ventajas de la técnica de cultivo sin suelo	17

4.3.2.	Características del material para sustrato	17
4.3.3.	Hidroponía popular (HP)	18
4.3.3.1.	Objetivos más importantes de la Huerta Hidropónica Popular (HHP)	19
4.3.3.2.	Localización e instalación de una Huerta Hidropónica Popular	20
4.3.3.3.	Recipientes y contenedores	23
4.3.3.4.	Características de los recipientes y contenedores	24
4.3.3.5.	Materiales y construcción del contenedor	25
4.3.3.6.	Métodos para hacer Hidroponía Popular	26
4.4.	AIREACIÓN	34
4.5.	OTRAS LABORES DE MANEJO	39
4.6.	SISTEMA NFT (TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES)	40
4.6.1.	Ventajas del NFT	41
4.6.2.	Desventajas del NFT	42
4.6.3.	Factores a considerar en la producción de cultivos con NFT	42
4.6.4.	Especies de plantas que puedes cultivar en NFT	45
4.6.5.	El sistema de cultivo NFT	45
4.6.6.	Elementos constituyentes de una instalación de NFT	46
4.6.7.	La solución nutritiva en NFT	49
4.7.	EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS PARA CULTIVAR ESPINACAS	53
4.7.1.	Temperatura	53
4.7.2.	Requerimientos hídricos	54
4.7.3.	Suelo	54
4.8.	NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS	55
4.8.1.	Soluciones nutritivas	57
4.8.2.	Composición de las soluciones nutritivas	58
4.8.3.	Fórmulas de sales nutritivas	60
4.8.4.	Funciones de los elementos nutritivos en las plantas	61
4.8.4.1.	Nitrógeno	62
4.8.4.2.	Fósforo	65
4.8.4.3.	Potasio	66
4.8.4.4.	Calcio	67

4.8.4.5.	Magnesio	68
4.8.4.6.	Azufre	70
4.8.4.7.	Hierro	70
4.8.4.8.	Manganeso	71
4.8.4.9.	Boro	73
4.8.4.10.	Cinc	73
4.8.4.11.	Cobre	74
4.8.4.12.	Molibdeno	74
4.8.4.13.	Cloro	75
4.8.4.14.	Sodio	76
4.8.4.15.	Silicio	77
4.8.4.16.	Cobalto	77
4.8.4.17.	Vanadio	78
<b>V.</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>89</b>
5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	89
5.2	PERIODO DE INVESTIGACIÓN	89
5.3	ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN	89
5.4	ZONA DE VIDA	90
5.5	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	90
5.6	METODOLOGÍA	92
5.6.1	Diseño experimental	92
5.6.2	Características del campo experimental	95
5.6.3	Croquis de distribución de parcelas experimentales	97
5.6.4	Conducción de la investigación	98
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>110</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>176</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>177</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>178</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>181</b>

## RESUMEN

El trabajo de investigación intitulado “**EFFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacia oleracea L.*) MEDIANTE EL SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE EN K’AYRA – CUSCO**”, se llevó a cabo en el Centro Agronómico K’ayra de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en el año 2015; cuyos objetivos específicos fueron: Determinar el rendimiento (peso fresco de las hojas, número de hojas y peso de materia seca de la planta) y comportamiento agronómico (altura de planta, longitud y ancho de la hoja, longitud del pecíolo) de dos especies de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

El **Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/litro de agua**, en peso fresco de las hojas con 203.00 g/planta (94.73 t/ha), en materia seca de las hojas con 49.00 g/planta (22.87 t/ha) y en número de hojas con 33.00 hojas/planta; fue mejor que la **Variedad Viroflay \* Sin Solución Hidropónica**, en peso fresco de las hojas con 38.00 g/planta (17.73 t/ha), en materia seca con 3.00 g/planta (1.40 t/ha) y, en número de hojas con 11.00 hojas/planta.

El **Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/litro de agua**, en altura de planta con 42.00 cm, en longitud de la hoja con 34.67 cm, en ancho de la hoja con 15.67 cm, en longitud del pecíolo con 16.33 cm; fue mejor que la **variedad Viroflay \* Sin Solución Hidropónica**, en altura de planta con 12.67 cm, en longitud de la hoja con 13.00 cm, en ancho de la hoja con 6.00 cm y, en longitud del pecíolo con 5.67 cm.

## INTRODUCCIÓN

La espinaca (*Spinacia oleracea L.*) es una hortaliza de mucha demanda en la dieta alimenticia de la población humana de toda condición socioeconómica y sobre todo en la región Cusco. Sin embargo, para complementar y abastecer el mercado local, las hojas de espinaca son traídas desde los valles de la Región Arequipa debido a que la Región Cusco no aprovecha con abastecer esta demanda insatisfecha.

Esta especie es una planta anual, de la familia de las *amarantáceas*, subfamilia *quenopodioideas*, cultivada como verdura por sus hojas comestibles, grandes y de color verde muy oscuro. Su cultivo se realiza durante todo el año y se puede consumir fresca, cocida o frita. En la actualidad es una de las verduras que más habitualmente se ofrece en los mercados en el estado de congelada.

Es rica en vitaminas A y E, yodo y otros antioxidantes; también contiene bastante ácido oxálico, por lo que se ha de consumir con mucha moderación. Esta hortaliza es muy apreciada por su elevado valor nutritivo en general y su riqueza vitamínica en particular.

Para lograr una cosecha altamente productiva, sana y en menor área, se consigue a través de un manejo hidropónico con macro y micro elementos nutritivos, e introduciendo variedades más comerciales en la zona, además conducidas en ambientes controlados cubiertos por malla raschel.

Por el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas, especialmente las de consumo en fresco, han hecho que las técnicas

hidropónicas de cultivo sean potencialmente atractivos, como la técnica raíz flotante o sistema de N.F.T. (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico más popular para la producción de cultivos en el mundo.

Este sistema se basa principalmente en la reducción de costos y asegurar las cosechas lo que comprende una serie de diseños, en donde el principio básico es la oxigenación continua o movimiento de la película de agua con solución nutritiva adsorbidas por las raíces de las plantas.

**La autora.**

## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En la Región Cusco, la espinaca (*Spinacia oleracea L.*) es un cultivo muy importante dentro de las hortalizas de hoja que se cultivan y se consumen crudas.

Habitualmente las hortalizas están dentro de la dieta alimentaria de los hogares en todos los estratos económicos, y frecuentemente tienen mucha demanda, especialmente de productos sanos, en la actualidad no existe control de donde y como vienen estos productos.

La espinaca es una especie vegetal muy apreciada por ser un alimento fresco, y que contiene vitaminas; la espinaca desde tiempo atrás es una de las hortalizas con muchas propiedades nutritivas y actualmente en el mercado regional, se produce la espinaca rastrera, la cual no requiere de mucha tecnología, pero su rentabilidad es baja y su manejo es dificultoso básicamente en la cosecha, la baja rentabilidad es ocasionada por los bajos niveles de producción y productividad, lo que condiciona que la oferta regional en la producción de espinacas es baja con respecto a la demanda, de las familias, en los negocios como es los restaurantes, y en especial en la Región Cusco, la demanda de los restaurantes turísticos.

Actualmente los productores de la región ofrecen la espinaca rastrera, que además no cubren con la demanda del mercado y por otro lado, en el mercado

existen variedades de espinaca que vienen de otros ámbitos con mayores rendimientos y mejores presentaciones, creando dependencia.

Generalmente se cultiva en suelo los que son costosas y muy inestables ante los cambios climáticos, y el uso irracional de los insumos agrícolas, como son los fertilizantes, insecticidas y fungicidas, Este cultivo está expuesto a las plagas y enfermedades, y el productor está sujeto a usar insumos tóxicos para controlar los ataques de estas plagas sin considerar el umbral económico.

El crecimiento acelerado de la población, viene condicionando escasez de suelos para cultivar, sin que existan iniciativas de nuevas opciones para cultivar como es la hidroponía.

En la Región Cusco, cuando se hace una revisión exhaustiva del efecto de las soluciones nutritivas de macro y micro nutrientes en un sistema de cultivo hidropónico la información es muy escasa; además no existe resultados respecto al efecto de las soluciones nutritivas en las variedades de espinaca más comerciales en la zona, sobre todo referidos a rendimiento en peso fresco y seco de las hojas, número de hojas, así como comportamiento agronómico en altura de planta, longitud de la hoja, ancho de la hoja y longitud del pecíolo.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de las dosis de soluciones nutritivas en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) mediante cultivo hidropónico de raíz flotante en condiciones K'ayra - Cusco?

### 1.2.2. Problemas específicos

- 1 ¿Cuánto es el rendimiento (peso fresco de las hojas, número de hojas y peso de materia seca de las hojas) de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas?
- 2 ¿Cómo es el comportamiento agronómico (altura de planta, longitud y ancho de la hoja, longitud del pecíolo) de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de las dosis de soluciones nutritivas en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) mediante cultivo hidropónico de raíz flotante en K'ayra – Cusco.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el rendimiento (peso fresco de las hojas, número de hojas y peso de materia seca de las hojas) de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas.
2. Determinar el comportamiento agronómico (altura de planta, longitud y ancho de la hoja, longitud del pecíolo) de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas.

### 2.3. JUSTIFICACIÓN

En la Región del Cusco por sus factores limitantes como el clima, la limitada práctica del cultivo de la espinaca hace que este cultivo no sea rentable y no esté en la capacidad de satisfacer las demandas locales.

La espinaca es consumida en estado fresco y está solamente orientada a la tentativa producción de sus hojas sin control cuantitativo; por lo que es importante conocer el rendimiento real de las variedades por unidad de área, ya que el productor como el consumidor de esta hortaliza tendrá a

disposición la diversidad de especies con características productivas propias en cantidad que le permitirá un mejor destino en la dieta alimenticia.

Por otra parte, los elementos nutritivos de diversas dosis incorporados al sustrato líquido como el agua, tiene especial importancia en el desarrollo y crecimiento agronómico de la planta; puesto que la espinaca requiere de todos los elementos esenciales como macro y micronutrientes, suministrados por vía radicular, a fin de lograr mejores resultados especialmente en calidad y presentación del producto; lo que permitirá satisfacer la demanda y oferta en los mercados de la Región del Cusco.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La producción de espinaca mediante cultivo hidropónico de raíz flotante en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, está en función al efecto de las dosis de las soluciones nutritivas de macro y micronutrientes, y características genotípicas de las especies.

#### **3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

1. El rendimiento de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas, es variable.
2. Existe variabilidad, en el comportamiento agronómico de espinaca en cultivo hidropónico de raíz flotante, por efecto de tres dosis de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO EN HIDROPONÍA

**Flores, M., et al. (2009).** En el resumen del trabajo de investigación realizado en el Centro Experimental de cultivo de plantas “sin suelo” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, con el objeto de estudiar el crecimiento de espinaca Var. Viroflay, bajo condiciones de sistema hidropónico NFT. En el experimento utilizó el diseño al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por un tubo de PVC de 9m de largo y 4” de diámetro donde se colocaron las plántulas a un distanciamiento de 0.20m, se instalaron un total de 9 tubos por repetición. El análisis de los resultados fue realizado mediante un análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan 5%. Las plántulas crecieron a temperaturas que fluctuaban entre 25-30 °C y 70-80% H°R. Utilizaron la solución nutritiva propuesta por el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición mineral (UNA-La Molina). Las características morfológicas evaluadas indican que la espinaca se adapta muy bien a las condiciones de sistema hidropónico NFT (Técnica de Flujo Laminar de Nutrientes). Las cosechas realizaron a los 62 días después de la siembra, obteniéndose una producción en peso fresco de 3.375 Kg/m<sup>2</sup>.

**Ortega, H. (2001).** En su trabajo de investigación “Efecto del regulador de crecimiento Raíz Up en cultivo semi-hidropónico de Espinaca (*Espinacia oleracea* Var. *Bolero*) Bajo fitotoldo”, resume que los resultados obtenidos fueron de 48.06 g en peso de hoja por planta para el tratamiento T4 con dosis

de 0.3784 m/L de regulador de crecimiento, así como también 47.02 y 45.84 g/planta con dosis de 0.3364 y 0.2944 ml respectivamente; con la dosis de 0.4624 ml se logró la cosecha a los 63 días, así como la mayor longitud de tallo con 7.33 cm; y con las dosis de 0.4624, 0.4204 y 0.3784 ml se alcanzaron alturas de planta de 25.40, 25.20 y 24.12 cm respectivamente.

## **4.2. CULTIVO DE LA ESPINACA**

### **4.2.1. Origen**

<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>. Refiere que 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 cultivó después en otros países y más tarde pasó a América.

### **4.2.2. Importancia económica y distribución geográfica**

<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>. Indica que el cultivo de la espinaca en España se desarrolla fundamentalmente al aire libre en regadío; aunque está más indicado en los invernaderos de las zonas del interior. La producción de espinaca se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año, mientras que en el norte y centro de Europa el periodo de producción es mucho más reducido (junio-octubre).

La quinta parte de la espinaca transformada por la industria española se destina a la exportación, siendo sus principales destinos los países del norte y centro de Europa, ya que éstos son grandes consumidores de espinacas.

El cultivo de la espinaca tiene muy buenas expectativas de futuro, especialmente el cultivo para industria debido al creciente mercado europeo.

### **Cuadro 01. Producción de espinaca en el mundo**

<b>Países</b>	<b>Producción espinacas año 2001 (toneladas)</b>	<b>Producción espinacas año 2002 (toneladas)</b>
China	7.411.000	7.811.000
Japón	319.300	320.000
Estados Unidos	283.540	328.180
Turquía	210.000	210.000
República de Corea	122.000	122.000
Francia	112.419	109.511
Italia	94.825	90.000
Indonesia	85.000	85.000
Pakistán	75.908	77.542
España	60.000	60.000
Alemania	59.453	55.139
Grecia	47.000	47.000
Países Bajos	35.000	40.000
México	27.218	27.000
Portugal	14.000	14.000
Túnez	12.500	12.000
Perú	8.291	11.373
Austria	7.799	10.089
Hungría	7.000	11.000
República Checa	5.280	4.624
Australia	5.000	5.000

**FUENTE:** <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>.

#### 4.2.3. Posición sistemática

**Cosio C.,\_P. y Castelo H., G. (1989).** Refiere que según Arthur Cronquist la posición sistemática de la espinaca es como sigue:

<i>Reino:</i>	<i>Plantae</i>
<i>Subreino:</i>	<i>Tracheobionta</i>
<i>División:</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Clase:</i>	<i>Magnoliopsida</i>
<i>Subclase:</i>	<i>Caryophyllidae</i>
<i>Orden:</i>	<i>Caryophyllales</i>
<i>Familia:</i>	<i>Amaranthaceae</i>
<i>Subfamilia:</i>	<i>Chenopodioideae</i>
<i>Género:</i>	<i>Spinacia</i>
<i>Especie:</i>	<b><i>Spinacia oleracea L.</i></b>
Nombre común:	Espinaca

#### 4.2.4. Morfología

<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>. Refieren que:

- **Planta:** 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.

- **Sistema radicular:** Raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial.
- **Tallo:** Erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las flores.
- **Hojas:** Caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que 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.
- **Flores:** Las flores masculinas, agrupadas en número de 6-12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio bi o tetradentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma dividido en 3-5 segmentos.

**Maroto, J.V. (2002).** Refiere que la espinaca es una planta de raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial, que forma en primer lugar una roseta de hojas pecioladas, con un limbo que puede ser más o menos sagitado, triangular-ovalado o triangular acuminado, de márgenes enteros o sinuosos y de aspecto blando, rizado, liso o abollado. En esta fase de roseta de hojas, la planta puede alcanzar entre 15 y 25 cm de altura.

Posteriormente, la planta desarrolla un escapo floral que puede alcanzar un porte superior a los 80 cm. Las flores son verdosas y es importante reseñar que se trata de una especie dioica, es decir, que existen plantas de espinaca con flores masculinas y plantas con flores femeninas.

Las flores masculinas aparecen en espigas terminales o axilares en grupos de 6 – 12. Las flores femeninas se agrupan en glomérulos axilares.

Fructifica en aquenios, que son considerados como semillas, de forma algo apuntada, lisos en unas variedades y espinosos en otras. Como término medio tiene una capacidad germinativa de 4 años y en 1 g pueden contener unas 115 “semillas”.

**Salunkhe, K. y Kadam, S. (2004).** Refieren que la espinaca se cosecha normalmente desde el momento en que las plantas tienen cinco o seis hojas, hasta justo antes de que se desarrollen los tallos de las semillas. La espinaca para venta en fresco se cosecha generalmente cortando la raíz principal justo por debajo de las hojas inferiores; para procesado, las plantas se cortan a aproximadamente una pulgada sobre la superficie del suelo.

#### **4.2.5. Variedades**

**<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>.** Indica que existen dos variedades botánicas de la espinaca, aunque todas las variedades comerciales cultivadas pertenecen a las de semilla espinosa de hojas triangulares, cuyo limbo es sutil, de dimensiones algo reducidas, superficie lisa y pecíolo bastante largo.

Los cultivares se clasifican por sus características morfológicas (color, forma de la hoja, longitud del pecíolo) por su resistencia a la subida de flor y por su precocidad.

Las variedades más precoces presentan una menor resistencia a la subida de flor, por lo tanto son empleadas en siembras a finales de verano y otoño-invierno. Las variedades menos precoces son más resistentes a la subida de flor y se siembran a finales de invierno y en primavera. Otras características varietales a destacar son la resistencia a mildiu (*Peronospora farinosa*, *P. spimaceae*, *P. efusa*) y la resistencia al frío.

- **Polka:** resistente a tres cepas de mildiu. Planta semierecta, vigorosa de hojas muy lisas, color verde oscuro. Para cultivo de otoño, invierno y primavera.
- **Valeta:** muy productivo, sobre todo en primavera. Resistente a subida de flor y tres cepas de mildiu. Follaje erecto, hojas carnosas y color verde intenso.
- **Rico:** resistente a tres cepas de mildiu. Hojas abullonadas de color verde oscuro y muy productiva.
- **Carambole:** resistente a tres cepas de mildiu. Ciclo tardío, resistente a la subida de flor. Hojas gruesas y muy productivas.
- **Rimbos:** resistente a tres cepas de mildiu y a la subida de flor. Hoja carnosa de color verde oscuro y muy productivo.
- **Bolero:** resistente a cuatro cepas de mildiu. Buen color y buena calidad de la hoja.

- **Resco:** resistente a cuatro cepas de mildiu. Buen color y buena calidad de la hoja.
- **Spinackor:** resistente a cuatro cepas de mildiu. Hojas lisas verde oscura. Valida tanto para industria como para el mercado en fresco.
- **Clermon:** resistente a cuatro cepas de mildiu. Crecimiento rápido y hoja lisa.
- **San Felix:** vigoroso, resistente a cuatro cepas de mildiu. Precoz, poco resistente a la subida de flor. Hoja carnosa, color verde oscuro y muy productivo.
- **Dolphin:** ciclo corto y resistente a cinco cepas de mildiu. Su cultivo está poco extendido.
- **Whale:** ciclo largo y resistente a cinco cepas de mildiu. Su cultivo está poco extendido.

#### 4.2.6. Cultivo

**Noriega, V. ((2004).** Refiere que la espinaca que la distancia adecuada entre plantas es de 10 a 15 cm. Además, es una hortaliza suficientemente rústica para resistir los inviernos, es decir, con heladas de -10 -12°C.

**Lesur, L. (2003).** Indica que la espinaca es otra de las hortalizas de las que se comen las hojas cosechadas entre 40 y 50 días después de sembradas. Suele sembrarse sucesivamente para tener una cosecha familiar durante todo el año.

**Céspedes, E. (2007).** Resumen que en la espinaca se consume las hojas, el periodo de cosecha se inicia a los 40 días de la siembra, cuando alcanza su

máximo desarrollo foliar, solo hay que recoger las hojas, el rendimiento es de 40,000 a 50,000 atados/hectárea, o 10 a 15 t/ha; debe cosecharse en canastas, se conserva de 1 a 2 días en lugares frescos y ventilados y 10 a 14 días en ambientes a 0°C de temperatura y 90 a 95% de H.R. empacados en bolsas de polietileno perforados, favorecen la conservación. Se utiliza en fresco para la preparación de ensaladas, puré y pasteles e industrializado, deshidratado.

#### **4.2.7. Rendimiento**

**León, M. (1974).** Referente al rendimiento por hectárea de la espinaca. (Var. Viroflay) afirma que este es elevado, trayendo como consecuencia un gran beneficio económico, siempre y cuando la comercialización se haga en condiciones óptimas.

Un rendimiento promedio es de 25,000 a 30,000 atados por hectárea, pudiendo alcanzarse un mayor nivel, cuando se cultiva en condiciones óptimas, o se emplean variedades más voluminosas como la “monstruosa de Viroflay”; en este caso el rendimiento se elevara a 40,000 o 50,000 atados por hectárea.

#### **4.3. CULTIVO HIDROPÓNICO**

<http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>. Refiere que el cultivo de las plantas sin suelo se desarrolló a partir de investigaciones llevadas a cabo para determinar que sustancias hacían crecer a las plantas y la composición de ellas.

A comienzos de los años treinta, científicos de la Universidad de California, pusieron los ensayos de nutrición vegetal a escala comercial, denominando **“Hidropónico”** a este sistema de cultivo, palabra derivada de las griegas **hydro** (agua) y **ponos** (labor, trabajo), es decir literalmente **“trabajo en agua”**.

Los cultivos hidropónicos o hidroponía pueden ser definidos como la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se les denomina a menudo **“cultivo sin suelo”**, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

La primera aplicación comercial se inició durante la Segunda Guerra Mundial, ocasión en que las tropas norteamericanas solucionaron su problema de abastecimiento de verduras frescas con esta técnica de cultivo.

Hacia los años 60 - 70 como consecuencia de los diversos problemas que plantea el suelo, entre los que se destaca el difícil control hídrico nutricional y su creciente población de patógenos, la investigación de los países más avanzados técnicamente, sobre todo en el campo de la horticultura, se orientó hacia la búsqueda de sustratos que pudiesen sustituir al suelo. Desde entonces han sido varios los sustratos utilizados en horticultura, siendo los más importantes por su expansión a nivel comercial: turba, perlita, acícula de pino, arena, grava, diversas mezclas de estos materiales, lana de roca y N.F.T.

Cultivo hidropónico puro. Todos ellos tienen un mayor o menor carácter hidropónico. Durante los años 70 en Europa tuvieron un gran desarrollo los cultivos en turba y el N.F.T. Sin embargo, ambos tipos de cultivos están siendo ahora desplazados a un segundo plano por el cultivo en lana de roca (Rock wool).

#### **4.3.1. Ventajas de la técnica de cultivo sin suelo**

- Provee a las raíces en todo momento de un nivel de humedad constante, independiente del clima o de la etapa de crecimiento del cultivo.
- Reduce el riesgo por excesos de irrigación.
- Evita el gasto inútil de agua y fertilizantes.
- Asegura la irrigación en toda el área radicular.
- Reduce considerablemente los problemas de enfermedades producidas por patógenos del suelo.
- Aumenta los rendimientos y mejora la calidad de producción.

#### **4.3.2. Características del material para sustrato**

- Ser de naturaleza inerte. Esto permite un buen control de la nutrición, que es casi imposible lograr en suelo debido a la gran cantidad de reacciones que en éste tienen lugar.
- Tener una relación aire/agua equilibrada, para evitar los problemas de falta de aireación por riegos excesivos con la consecuente falta de oxigenación de las raíces.

- Ser de fácil lavado de sales. Esto da opción a paliar en parte las pérdidas de producción que se suceden en cultivos en suelo (especialmente los arcillosos o suelos con napa freática alta) por acumulación de dichas sales.

Los sustratos que poseen en mayor o menor grado las características mencionadas anteriormente son: Turba, Perlita, Lana de Roca, Grava, Arena, Vermiculita.

#### **4.3.3. Hidroponía popular (HP)**

La hidroponía popular o “cultivo sin tierra” permite, con reducido consumo de agua y pequeños trabajos físicos pero con mucha dedicación y constancia, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas, aprovechando en muchas ocasiones elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación. La hidroponía popular puede ser denominada una tecnología de desecho y de lo pequeño.

Con esta tecnología de agricultura urbana se aprovecha productivamente parte del tiempo libre del que siempre disponen algunos miembros de la familia y que, por lo general, es desaprovechado en actividades que poco contribuyen al desarrollo y la proyección del núcleo familiar. Las productividades potenciales de los cultivos hidropónicos, cuando son realizados en condiciones tecnológicas óptimas, son superiores a las obtenidas mediante el sistema tradicional de cultivo hortícola.

**Cuadro 02. Productividades potenciales de cultivos hidropónicos y sistema tradicional (t/año)**

<b>CULTIVO</b>	<b>HIDROPÓNICO</b>	<b>COSECHAS (*)</b>	<b>TRADICIONAL</b>
Tomate	375	2	100
Pepino	750	3	30
Lechuga	313	10	52
Pimentón	96	3	16

(\*) Número de cosechas al año.

**FUENTE:** <http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>.

**4.3.3.1. Objetivos más importantes de la Huerta Hidropónica Popular**

**(HHP)**

- Mejorar la cantidad y la calidad de la alimentación familiar, sin aumentar los costos.
- Fortalecer la economía familiar, generando ingresos y disminuyendo los costos de la canasta básica de alimentos.
- Crear fuentes de trabajo en las ciudades o en sectores donde no hay fácil acceso a un empleo estable.
- Generar y promover actitudes positivas hacia la autogestión comunitaria.
- Fomentar la microempresa, iniciándola por medio del aprovechamiento del tiempo libre de algunos miembros de la familia.
- Dar a personas de avanzada edad o con limitaciones físicas y mentales, la posibilidad de sentirse útiles y valiosas para su familia, para la comunidad y para sí mismas

- Inducir en los niños un interés precoz por las actividades productivas a nivel familiar y por el trabajo conjunto en el lugar mismo donde se desarrollan.

#### **4.3.3.2. Localización e instalación de una Huerta Hidropónica Popular (HHP)**

Una vez decididos a formar nuestra (HHP), uno de los primeros pasos es definir el lugar donde la vamos a ubicar. Estas huertas pueden ser localizadas en distintos lugares de la vivienda (paredes, techos, patios, ventanas, terrazas, etc.).

Existen algunos criterios importantes que deben ser tomados en cuenta para obtener mayor eficiencia, mejores resultados y éxito en el producto final y en la empresa comercial que nos proponemos. El criterio más importante es ubicar la huerta en un lugar donde reciba como mínimo 6 horas de luz solar. Para esto es recomendable utilizar espacios con buena iluminación, y cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte. Se deben evitar aquellos espacios sombreados por árboles, los lugares inmediatos a casas u otras construcciones y los sitios expuestos a vientos fuertes.

La mayoría de los cultivos hidropónicos se hacen a libre exposición, pero en aquellas zonas caracterizadas por excesivas lluvias se deberá prever la instalación de algún tipo de techo plástico transparente, de uso agrícola.

Es también muy importante la proximidad a una fuente de agua para los riesgos, con el fin de evitar la incomodidad y el esfuerzo que significa transportar los volúmenes de agua necesarios.

Algunos elementos, como los recipientes plásticos para el almacenamiento del agua y los nutrientes, la regadera y un pulverizador, deberían estar cerca de los cultivos de la huerta; ya que son elementos que se utilizarán muy frecuentemente. Es importante prevenir ataques de pájaros, que pueden producir daños importantes, especialmente cuando se utiliza un sustrato sólido, como cascarilla de arroz.

La idea de que los cultivos sin tierra sólo se pueden obtener en condiciones de invernaderos plásticos no es completamente cierta. Algunas experiencias conducidas en distintos países de América Latina y el Caribe con cultivos de apios, acelgas, lechugas, nabos, pepinos, perejil, rabanitos, tomates y otras hortalizas, sin utilizar cobertura plástica, indican que es posible obtener buenos productos y plantas a la libre exposición, cuando ellas están adaptadas a las condiciones ambientales del lugar donde se cultivan.

La cubierta plástica (o de vidrio) sólo se necesita cuando se cultivan hortalizas o plantas fuera de las condiciones a las cuales están adaptadas y cuando se desea evitar los riesgos de infecciones y ataques de algunos de sus enemigos naturales. Cuando existen diferencias ambientales (heladas o temperaturas muy elevadas) es posible compensarlas con una mejor nutrición y cuidados a través del cultivo hidropónico.

Hay hortalizas que se adaptan a todas las condiciones de clima de la mayor parte de las regiones habitadas del mundo. Así, es posible cultivar repollos, arvejas, cebollas, frutillas o fresas, y plantas aromáticas y ornamentales, en épocas o climas fríos; también se puede cultivar porotos verdes, acelgas,

tomates, cilantro, pepinos, betarragas, y muchas otras plantas, en épocas o climas intermedios; y ají, albahaca, zapallos, melones, pimentones, sandias, tomates y otras, en épocas o climas calientes.

Es muy importante y se recomienda decididamente que el lugar destinado a la huerta hidropónica popular esté cercado, para impedir la entrada de animales domésticos (aves de corral, conejos, gatos, perros, etc.) o personas irresponsables. Este es uno de los elementos limitantes para iniciar y hacer prosperar una HHP. Si no es posible aislar la huerta de este tipo de animales o personas, la recomendación es no invertir ningún esfuerzo, por que más tarde o más temprano éste será perdido, generándose una gran desmotivación.

Quienes, además de mejorar su alimentación, deseen obtener ingresos adicionales a través de una HHP, deberán planear una mayor producción, para lo cual es necesario disponer de mayores espacios. En estos casos, sin embargo, los criterios de ubicación siguen siendo los mismos.

El espacio en sí mismo no es el factor más limitante para los cultivos hidropónicos. Es posible cultivar una HHP en menos de un metro cuadrado o en la mayor de las terrazas o patios caseros que se pueden tener en una vivienda urbana.

La mayoría de las HHP instaladas en diferentes países tienen un área que varía entre 10-20 m<sup>2</sup>, pero hay familias o grupos que cuentan con áreas de cultivo superiores a 200 m<sup>2</sup>, lo que les permite comercializar su producción.

Combinando las diferentes formas de HHP que existen (canales horizontales recostados en las paredes de las viviendas o muros; canales angostos y poco profundos; camas de cultivo hechas en madera; recipientes tubulares verticales en PVC o plástico; simples tiestos plásticos individuales, etc.) se puede tener una atractiva y provechosa huerta de hortalizas limpias y nutritivas.

#### **4.3.3.3. Recipientes y contenedores**

Los tipos de recipientes y contenedores que se pueden usar o construir deben estar de acuerdo con el espacio disponible, las posibilidades técnicas y económicas, y las necesidades y aspiraciones de progreso y desarrollo del grupo familiar.

Para iniciar la HHP e ir adquiriendo los primeros conocimientos prácticos podemos utilizar, por ejemplo, cajones de empacar frutas; neumáticos o llantas viejos; bañeras infantiles; fuentes plásticas en desuso; o bidones plásticos rotos, recortados por la mitad. Recipientes tan pequeños como los envases plásticos para helados, los vasos plásticos desechables y los potes de aceite o margarina, son suficientes para cultivar acelgas, cebollas, cilantro, lechugas, perejil y otras hortalizas.

Las bolsas o mangas plásticas de color negro, como las que se usan para plantas de viveros, son recipientes económicos, fáciles de usar y muy productivos en pequeños espacios. Las bolsas son aptas para especies como tomate, pepino, pimentón y cebolla. A medida que se progresa en el aprendizaje y se comprueba la eficiencia del sistema se pueden instalar en las

paredes, canales o canoas hechas con plástico negro, sostenido con hilos o pitas colgadas de las paredes o colocadas en la base de ellas.

Si se dispone de espacio suficiente es importante no quedarse solamente con estos contenedores pequeños; el progreso en conocimientos debe unirse a la ampliación del tamaño de los cultivos y a la diversificación de las especies. Una superficie de 30 m<sup>2</sup> de HHP permite obtener un ingreso constante a lo largo del año.

En la expansión de la huerta pueden incluirse contenedores de madera de por lo menos 1.5 m<sup>2</sup> de área, mangas verticales y otro tipo de estructuras más productivas y que demandan el mismo tiempo y esfuerzo que una gran cantidad de los pequeños recipientes que nos han servido para adquirir las primeras experiencias.

Si además de producir alimento sano para nuestra familia deseamos obtener un ingreso extra a través de la HHP, debemos pensar en construir un número de contenedores que nos permitan una mayor producción de especies vegetales (hortalizas, plantas medicinales, ornamentales y forrajeras).

#### **4.3.3.4. Características de los recipientes y contenedores**

Las dimensiones (largo y ancho) de los contenedores pueden ser muy variables, pero su profundidad en cambio no debe ser mayor de 10 - 12 cm, dado que en el sistema HHP no es necesario un espacio mayor para el desarrollo de las raíces de las plantas. Se exceptúan sólo dos casos:

Cuando se requiere cultivar zanahorias, la profundidad del contenedor debe ser como mínimo de 20 centímetros.

Para producir forraje hidropónico debe ser como máximo de 5 centímetros.

En el caso de los demás cultivos, las dimensiones máximas recomendadas para estas cajas son las siguientes: largo 2,0 m, ancho 1,20 m y profundidad 0,12 m.

Dimensiones superiores a éstas implican mayores costos en materiales (madera, plástico, sustrato) y mayores dificultades y riesgos en el manejo. Las dimensiones mínimas son muy variables, pues dependen de las disponibilidades de espacio, los materiales que se puedan conseguir a menor costo y de los objetivos de la huerta (aprendizaje, recreación, experimentación o producción para la venta).

#### **4.3.3.5. Materiales y construcción del contenedor**

Los materiales que se necesitan son los siguientes:

- Tablas en desuso o nuevas, dependiendo de las posibilidades económicas (dos de 2,0 m; dos de 1,20 m; trece de 1,30 m y seis de 0,32 m de largo).
- 110 clavos de 1" pulgada, martillo, serrucho, engrapadora y cinta métrica.
- 3.68 m<sup>2</sup> (2.36 x 1.56 m) de plástico negro de calibre 0.10.
- 10 cm de manguerita de polietileno o caucho, de color negro, de 7 a 10 mm de diámetro.

#### **4.3.3.6. Métodos para hacer Hidroponía Popular**

Existen dos métodos:

##### **a. Sistema de sustrato sólido**

El sistema de sustrato sólido es eficiente para cultivar más de 30 especies de hortalizas y otras plantas de porte bajo y rápido crecimiento. Ha sido el más aceptado por la mayoría de las personas que en la actualidad trabajan en HHP, pues es menos exigente en cuidados que el segundo denominado de raíz flotante, que permite sembrar menos variedades de hortalizas.

Para sembrar directamente o trasplantar en sustratos sólidos se comienza ubicando el contenedor en el lugar apropiado, dándole la pendiente necesaria; luego se llena con el sustrato previamente mezclado y humedecido hasta dos centímetros antes del borde superior de la altura de la cama. El llenado de la cama debe iniciarse justamente en el lado donde se colocó el drenaje, con el fin de anclarlo para que no se mueva, lo cual podría ocasionar la salida del tubo de drenaje del plástico.

Se retiran los elementos extraños y partículas de tamaño superior al recomendado. Se riega suavemente para asegurar un buen contenido de humedad y se marcan los sitios donde se trasplantarán las plantas obtenidas del almácigo después del endurecimiento. Las mismas deberán ser regadas abundantemente en el almácigo una hora antes de arrancarlas e iniciar la labor de siembra en el sitio definitivo.

Es importante recordar que los sustratos no se deben colocar secos en ningún tipo de contenedor y menos en las mangas verticales; siempre deben mezclarse y humedecerse previamente. Lo anterior es debido a que resulta más difícil conseguir una adecuada distribución de la humedad; los continuos movimientos que se necesitarían para lograr la adecuada distribución del agua implicarían un alto riesgo de romper el plástico o de remover el tubo del drenaje.

En los sitios donde se han marcado las posiciones de las plantas se abren hoyos amplios y profundos (tanto como lo permita la profundidad del sustrato) teniendo la precaución de no romper el plástico. En cada hoyo se coloca la raíz de una planta, teniendo en cuenta que la misma no debe quedar torcida y que el cuello, que es la zona de unión entre la raíz y el tallo, debe quedar un centímetro por debajo de la superficie del sustrato. A medida que se va echando sustrato alrededor de la raíz, se va apisonando suavemente para que no queden bolsas de aire en contacto con la raíz.

Se riega nuevamente y, si es posible, se coloca alguna protección contra el sol durante los primeros tres días para que la planta no sufra deshidratación. Los trasplantes deben hacerse siempre en las últimas horas de la tarde en los períodos calurosos; en los períodos frescos pueden hacerse a cualquier hora.

Si la siembra se hace en forma directa, las semillas se ubican a las distancias y profundidades recomendadas según las especies. Después de la siembra se riega el sustrato y se cubre de la misma forma que se indicó para los germinadores, debiendo estar atentos para quitar la cobertura el primer día en que se observa la aparición de las plantitas.

En cualquiera de los casos (siembra por trasplante o siembra directa) diariamente se debe aplicar riego con solución nutritiva, tan pronto como aparezcan las raíces dentro del sustrato. Detalles de esta solución nutritiva, su composición, hora y frecuencias de aplicación, se analizarán más adelante.

A medida que se aplican los riegos y que transcurre el tiempo se van formando costras sobre la superficie del sustrato, que impiden que el aire penetre normalmente en sus espacios porosos, limitándose así la toma de agua y alimentos. Para evitar estas costras se escarda muy superficialmente dos o tres veces por semana entre los surcos de las plantas, teniendo el cuidado de no hacer daño a las raíces.

Parte del sustrato que se va soltando durante la escarda se puede arrimar a la base de las plantas para mejorar su anclaje y desarrollo radical. Esta labor es el aporque y, a manera de ilustración, resulta fundamental comenzarla en el cultivo de rabanitos rojos a partir de los primeros ocho días después de la germinación, para que el tallito rojo no permanezca al descubierto, dado que allí es donde se producirá el engrosamiento que conducirá, en 28 a 30 días, a la raíz bien formada de un fresco rabanito.

El sistema de sustrato también se emplea en las mangas verticales, mangas horizontales, canales plásticos sobre el piso, siembras en neumáticos o llantas viejas, y en otro tipo de contenedores.

## **b. Sistema de raíz flotante**

El sistema de cultivo de raíz flotante ha sido encontrado eficiente para el cultivo de albahaca, apio y varios tipos de lechuga, con excelentes resultados, ahorro de tiempo y altas producciones. A pesar de su mayor complejidad es muy apto para las HHP.

El método utiliza un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas. Este sistema ha sido denominado por quienes lo practican “cultivo de raíz flotante”, ya que las raíces flotan dentro de la solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina de “Plumavit”, que se sostiene sobre la superficie del líquido.

Este sistema ha sido muy eficiente en el cultivo de albahaca, apio y lechugas. Otras especies no han tenido un comportamiento uniforme en él, ya que es muy exigente en un cuidadoso manejo, especialmente de aireación, que en el caso de HHP se hace manualmente. Dado que la mayoría de las familias a las que se ha destinado esta propuesta no disponen de medios económicos ni de conocimientos técnicos suficientes para hacer instalaciones que permiten el reciclaje y aireación automática de la solución nutritiva, se propone, como se explicará más adelante, la aireación manual varias veces al día.

Como ejemplo estudiaremos el sistema de raíz flotante aplicado a una siembra de lechuga; en este sistema, el contenedor es igual al que se utiliza para los sustratos sólidos; la única diferencia consiste en que no es necesario conectar el drenaje del conector.

Se debe cortar una lámina de plumavit de 2½ centímetros (1 pulgada) de espesor, con un largo y ancho dos centímetros menor que el largo y ancho del contenedor. Marcamos las distancias a las que vamos a colocar las plantas, señalando con puntos gruesos el lugar donde irá cada planta. En el caso de las lechugas se utilizan láminas con dos distancias diferentes (densidad de plantación):

1. De 9 por 9 centímetros entre cada una, con disposición en forma de triángulo (cabén más plantas por metro cuadrado que si las marcáramos en forma de cuadro). Estas distancias se utilizan para la etapa que se denomina post-almácigo, que tiene una duración de 15 a 20 días.
2. De 17 por 17 centímetros entre plantas. Estas son las distancias que se utilizan para el cultivo definitivo, que dura entre 25 y 35 días dependiendo de la temperatura, la luminosidad y la variedad de lechuga cultivada.

Para no tener que estar calculando y midiendo cada vez que deseamos hacer una nueva lámina para cultivo, se puede hacer una plantilla guía en papel o cartón, que se guarda para utilizarla cuando sea necesario perforar una nueva lámina.

Para perforar los hoyos en la lámina se aplica en cada punto señalado un pedazo de tubo redondo o cuadrado de una pulgada (2½ centímetros) de diámetro y 20 cm de largo, previamente calentado en uno de sus extremos, el cual sacará un bocado del material dejando un orificio casi perfecto. Esto nos permitirá tener 126 hoyos por metro cuadrado en la distancia de 9 x 9 y 31

hoyos en la de 17 x 17. La lámina perforada se coloca dentro del contenedor y debe quedar con la posibilidad de un pequeño movimiento (no excesivo para que no penetre luz al líquido, que ocasionaría el crecimiento de algas y una mayor evaporación de agua dentro del contenedor).

Se corta una pieza de esponja plástica, que debe tener 2½ cm de espesor, en cubitos de 3 x 3 cm de largo y de ancho, previamente marcados formando una cuadrícula. Los cubitos se cortan con un cuchillo bien afilado, sin hacer mucha presión sobre la esponja para que no se deformen los cubitos. En cada uno se hace un corte vertical atravesando de arriba abajo la esponja. En ese corte es donde se trasplantará la planta que viene del almácigo. Se humedecen los cubitos previamente con solución nutritiva.

Al momento del trasplante, se procede a sacar las plantitas desde los almácigos y a lavarles la raíz para que no les quede nada de sustrato (sin tocarla ni maltratarla) e inmediatamente la colocamos en el corte que se hizo sobre el cubito de esponja, dejando el cuello de la planta exactamente 1 cm. por debajo de la superficie del cubito. Después se introduce con mucho cuidado los cubitos con las plantas en cada uno de los hoyos abiertos en la plancha de plumavit, extremando los cuidados para que la raíz quede vertical y sumergida en el líquido.

Cuando se han llenado todos los hoyos de la lámina, ésta se levanta para verificar que ninguna raíz haya quedado aprisionada entre la lámina y la esponja. Todas deben quedar derechas y sumergidas en el líquido. A continuación se coloca la solución nutritiva en la concentración que

corresponde. En esta etapa, que se denomina de post-almácigo, las plantas permanecen entre dos y tres semanas según el clima y la variedad. A las dos o tres semanas han alcanzado entre 12 y 15 cm de altura; entonces se procede a trasplantarlas a otra lámina de plumavit en la que se han hecho perforaciones a una distancia de 17 cm. Las plantas de la primera lámina se pasan con la misma esponja a los otros contenedores. Cuando se ha terminado el segundo trasplante, también se coloca solución nutritiva, cuya concentración y forma se indicará más adelante.

En las planchas con perforaciones a mayor distancia, las plantas crecerán hasta que alcancen el tamaño final adecuado para el consumo. Esto ocurrirá entre cinco o seis semanas después del último trasplante y por eso a estas láminas se les denomina láminas de cultivo definitivo.

Tanto en el sistema de sustrato sólido como en el de raíz flotante, es preciso conocer los tiempos necesarios entre siembra y germinación; germinación y trasplante; y trasplante y cosecha. Esta información es útil en la planificación del manejo de las HHP.

**Cuadro 03. Tiempos necesarios desde la siembra a la cosecha de hortalizas**

<b>Período transcurrido (días)*</b>			
<b>Especie</b>	<b>Siembra a germinación</b>	<b>Germinación a trasplante</b>	<b>Trasplante a cosecha</b>
Acelga	12	18 - 25	70 c.p.
Apio	20	30 - 35	95
Berenjena	10	20 - 25	75
Betarraga	10	20 - 25	75
Brócoli	7	20 - 22	75
Cebolla	10	30 - 35	80
Cebollín	10	30 - 35	55
Ciboulet	10	30 - 35	70 c.p.
Coliflor	7	20 - 25	75
Espinaca	8	18 - 22	75
Lechuga flotante	5	15 - 18**	45
Lechuga en sustrato	5	20 - 22	55
Perejil liso	15	22 - 25	75 c.p.
Perejil rizado	15	22 - 25	70 c.p.
Pimentón	12	35 - 40	80
Repollo	7	30 - 35	90
Tomate	6	18 - 22	65
Tomillo	12	30 - 35	75 c.p.

\* El tiempo varía según el clima predominante durante el desarrollo del almácigo y también depende del adecuado manejo (riegos, nutrición, escardas, etc.).

\*\* Cuando se trata del sistema flotante, éste es el tiempo para hacer el primer trasplante; el segundo se realiza entre 12 y 18 días después del primero.

c.p.: Cosecha permanente formando manojos con las hojas que alcanzan el desarrollo apropiado (cada 2 ó 3 semanas).

**FUENTE:** <http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>.

**Maroto, J.V. (2008).** Refiere que uno de los principales sustratos para cultivos de hidroponía es el agua como portadora de nutrientes.

#### **4.4. AIREACIÓN**

**FAO. (1996).** Indica que en el sistema de cultivo a raíz flotante es indispensable batir con las manos dos veces por día la solución nutritiva, con el fin de redistribuir los elementos nutritivos por todo el líquido y oxigenar la solución. Sin ello, las raíces empiezan a oscurecerse y a limitar la absorción de nutrientes y agua. Cuando no se agita la solución nutritiva con la debida frecuencia, también se empiezan a formar algas que le dan mal aspecto al cultivo y alteran su desarrollo, porque ellas compiten por los nutrientes destinados a las plantas.

Al realizar la aireación se deben levantar lentamente las láminas evitando romperlas, pues éstas deben durar 10 post-trasplantes o 5 cultivos definitivos. Si no se obtiene esta duración, los costos de producción aumentarán considerablemente, puesto que este es el tiempo de amortización de los materiales.

La aireación se puede hacer levantando y bajando sucesivamente la lámina con las plantas durante 15 segundos; se puede hacer, asimismo, levantando y sosteniendo la lámina y metiendo la mano para agitar y formar burbujas.

Cuando los contenedores tienen dimensiones superiores a un metro, se recomienda partir las láminas en dimensiones apropiadas, dado que las láminas soportan mucho peso (especialmente al final del cultivo cuando cada

planta puede pesar más de 280 gramos) y existe mayor riesgo de que se rompan.

**FAO. (1996).** Refiere sobre:

**Aireación:** La presencia de oxígeno en la solución nutritiva es estrictamente necesaria para el desarrollo de la planta y el crecimiento de las raíces. Para el normal crecimiento de las plantas se requieren valores mínimos de oxígeno de 8-9 mg O<sub>2</sub> /l de solución nutritiva. Estos valores pueden ser logrados y/o aumentados a través de distintos mecanismos como la inclusión de agitadores, recirculación de la solución, agregado de oxígeno puro al sistema. Tanto la temperatura de la solución como el tamaño del contenedor tienen directa influencia en los tenores de O<sub>2</sub> de la solución nutritiva. A mayor temperatura, los valores de O<sub>2</sub> /l de solución expresados en mg descienden. El valor óptimo de temperatura debería encontrarse en un entorno de 10-15 ° C. En contenedores pequeños la difusión del oxígeno se ve disminuida, por lo que al disminuir el tamaño del contenedor, mayor atención deberemos prestar a la oxigenación.

**Calidad del agua:** Así como en los sistemas convencionales la calidad del suelo es determinante del éxito, en los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud humana, ya que no debemos olvidar que producimos hortalizas que van a ser consumidas en fresco. Respecto a la calidad química, deberán usarse aguas con bajos contenidos de sales. Los contenidos elevados de calcio o magnesio (mayores a

30 ppm en cada caso), obligarán a realizar correcciones en la formulación de la solución nutritiva. Por su parte, elementos como sodio o cloro en forma excesiva podrán ser tóxicos para la planta. En todos los casos se recomienda la realización de análisis del agua antes de comenzar con estos sistemas, además de análisis cíclicos, en especial cuando la fuente es subterránea.

**Alcalinidad o acidez de la solución nutritiva (pH):** Un parámetro a controlar en los sistemas hidropónicos es el pH de la solución nutritiva, es decir el grado de acidez o alcalinidad de la solución. El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5.5-7.0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH. En caso de encontrarnos con valores de pH superiores a 7.0 es posible corregir la solución nutritiva mediante la acidificación, usando ácidos nítrico, fosfórico y/o sus mezclas. Deberá contemplarse en la reformulación los respectivos aportes de nitrógeno y fósforo realizado por estos ácidos. En caso de pretender elevar el pH, por encontrarnos frente a una solución extremadamente ácida, deberemos utilizar el hidróxido de potasio, considerando también el aporte de potasio realizado por esta vía.

**Conductividad Eléctrica (CE):** La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra fuente deberá

contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 0.7-1.2 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado de crecimiento, por ejemplo la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 2-2.5), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo.

#### **Niveles de conductividad eléctrica por cultivo**

<u>Cultivo</u>	<u>Conductividad eléctrica dS/m</u>
Lechuga	1.3
Espinaca	2.0
Tomate	2.5
Frutilla	1.0
Apio	1.8

**Sanidad:** Con respecto a la sanidad deberemos emplear el criterio de «que con la cocina limpia se cocina mejor», deberemos ser muy cuidadosos de la higiene y evitar todo tipo de contaminación ya que hay ciertos hongos y bacterias que en medios líquidos se desarrollan a gran velocidad. Se deberán desinfectar con hipoclorito u otros desinfectantes las bandejas de poliuretano a ser reutilizadas, los trozos de esponjas que actúan de sujetadores de las plantas en algunos sistemas hidropónicos deberán ser descartados sin posibilidad de uso por segunda vez. Los medios sólidos deben descartarse luego de su uso y en lo posible ser estériles o esterilizados al ser usados por primera vez. En caso de constatarse contaminación se deberá descartar todo el cultivo e higienizar todo

el sistema antes de comenzar nuevamente. Respecto a los tratamientos sanitarios de los cultivos, éstos se desarrollarán en forma similar a la de los cultivos convencionales, con las recomendaciones existentes para cada cultivo, evitando las aplicaciones innecesarias de productos químicos, respetando los tiempos de espera y utilizando aquellos productos de menor toxicidad.

**Producción de plántulas:** La producción de plántulas para estos sistemas es una parte de crucial importancia, generalmente los productores realizan la producción de plántulas en bandejas de poliuretano, es necesario que el medio sea lo más estéril posible, que sea fácilmente desprendible de las raíces de las plántulas a la hora de trasplantar estas a la plancha de poliuretano.

En el proceso de limpieza de raíces, tratando de eliminar las partículas de tierra se produce una pérdida de tiempo, costo adicional de mano de obra y una gran cantidad de raíces rotas que servirán de puerta de entrada de enfermedades al sistema y de contaminación. Restos de tierra llevados en las raíces contaminarán el sistema. Una alternativa es la producción de plantones en forma directa en la esponja que servirá de soporte en el hueco de la plancha de espumaplast. Para ello se deberá tener en cuenta las temperaturas y condiciones de germinación de la especie involucrada. Se colocan al menos dos semillas a germinar en el cubo de polifoam y deberán trasplantarse a la plancha de poliuretano en cuanto el largo de las raíces comience a salir por la base de la esponja. También es posible producir plantones en un sistema flotante, la población de plantas a utilizar dependerá del espacio del cual se disponga y del sistema hidropónico a utilizar.

#### 4.5. OTRAS LABORES DE MANEJO

<http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>. Refiere que en los dos métodos, tanto en el de sustrato sólido como en el de raíz flotante, es importante tener cuidado constante con la presencia de plagas, que pueden afectar la cantidad y la calidad de las cosechas. También debemos evitar que los cultivos reciban excesos de sol o bajas temperaturas, especialmente heladas.

Contra los excesos de sol se puede sombrear los cultivos con una malla oscura para reducir la radiación solar. En algunos países se le llama “polisombra” y en otros “malla raschel”. Comercialmente existen distintas mallas para filtrar diferentes porcentajes de luz, de manera que podemos escoger la que más se ajuste a nuestras condiciones de clima.

Para los excesos de frío se recomienda cubrir los cultivos más susceptibles con plásticos transparentes, preferentemente de uso agrícola, durante los días u horas en que haya más riesgo de que ocurran bajas temperaturas.

Conocer las distancias de siembra directa o de trasplante recomendadas para las distintas especies, permitirá una buena planificación del espacio de las HHP. La planificación de la época de siembra es esencial.

Las HHP pueden permitir producir, además de hortalizas, plantas aromáticas y medicinales.

#### **4.6. SISTEMA NFT (TÉCNICA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES)**

<http://www.hydroenv.com.mx/>. Refiere que la reducción del espacio para el riego y el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas, especialmente las de consumo en fresco, han hecho que las técnicas hidropónicas de cultivo sean potencialmente atractivas, como la técnica raíz flotante o N.F.T.

Iniciativas anteriores promovidas por la FAO, han sido orientadas a la formación, en distintos países de América Latina y el Caribe, de monitores populares capacitados en la tecnología de la HHP cuyo principal objetivo es satisfacer la demanda por hortalizas del núcleo familiar. En tales condiciones, para abastecer en forma permanente al mercado, se requiere de otros sistemas de mayor nivel tecnológico como lo es el sistema NFT. Este sistema posibilita cultivar un gran número de especies hortícolas, principalmente de hoja y fruto.

El sistema de NFT que traducido significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo. Este sistema fue desarrollado en la década de los sesenta por el Dr. Allan Cooper, en Inglaterra. Desde esa época, este sistema de cultivo destinado principalmente a la producción de hortalizas de alta calidad en invernaderos. El sistema NFT, ha sido utilizado en forma comercial en más de 68 países. Esta técnica es la más utilizada en la hidroponía, en países árabes, del Caribe y América latina para la producción hortalizas, especialmente especies de hoja, a gran y mediana escala. Este sistema se basa principalmente en la reducción de costos y comprende una

serie de diseños, en donde el principio básico en la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, por una serie de canales de PVC, polietileno, poliuretano, etc. de forma rectangular llamados canales de cultivo.

En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes que pueden tener una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución nutritiva, dependiendo del diseño del sistema.

La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o un tanque (esto depende de los litros de solución nutritiva a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo.

Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas. Como los nutrientes se encuentran fácilmente disponibles para las plantas, el gasto de energía es mínimo, de esta manera la planta gasta la energía en otros procesos metabólicos.

#### **4.6.1. Ventajas del NFT**

- Permite un control más preciso sobre la nutrición de la planta.
- Simplifica enormemente los sistemas de riego, porque elimina la esterilización del suelo y asegura una cierta uniformidad entre los nutrientes de la plantas.

- Maximiza el contacto directo de las raíces con solución nutritiva, por lo que el crecimiento de los productos es acelerado siendo posible obtener en el año más producción.
- Si se maneja de la forma correcta el sistema, permite cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad.
- En el sistema NFT la recirculación de la solución nutritiva, permite evitar posibles deficiencias nutricionales.
- La instalación de un sistema NFT resulta más sencilla (menor número de bombas para el riego de la solución nutritiva, la obstrucción de los goteros, etc.).
- Las plantas cosechadas se remueven fácilmente.
- Puede operar casi automáticamente.
- Un sistema pequeño puede soportar a una planta grande.

#### **4.6.2. Desventajas del NFT**

- Este sistema requiere de un cuidado adecuado del estado de la solución nutritiva para rendir resultados.
- Los costos iniciales son mayores que con otros sistemas.

#### **4.6.3. Factores a considerar en la producción de cultivos con NFT**

- a. **Calidad del agua.** Es importante analizar el suministro de agua, la cual puede provenir de lluvia o ser potable. Cuando el agua es dura, se requiere bajar su pH a 6.

- b. La temperatura.** Una característica de la NFT, es la facilidad con la que la temperatura de la raíz puede ser manipulada para satisfacer los requerimientos de los cultivos. Es importante mantener las soluciones entre 13 y 15°C con el fin de prevenir una absorción reducida de nutrimentos.
- c. El pH.** En general, la absorción máxima de un ion ocurre entre pH 5 y 7. Normalmente se mantiene el pH entre 5.5 y 6.5, para la mayoría de los cultivos en invernadero.
- d. La conductividad eléctrica (CE).** Se recomienda mantener un nivel de Electro conductividad en los rangos adecuados para que las plantas dentro del sistema no se deshidraten por exceso de sales ó al contrario, absorban menos nutrientes por ausencia de los mismos.
- e. La longitud del canal.** Un máximo de 20 m de longitud es generalmente recomendado, se considera que la longitud no debe superar los 20 a 25 m.
- f. La anchura del canal.** Para cultivos hortalizas altas, como por ejemplo el Jitomate, la distancia entre plantas se recomienda entre 25 a 30 cm; sin embargo hay cultivadores que señalan que pueden usarse canales más estrechos, de 15 cm, sin afectar los rendimientos de jitomate.
- g. La pendiente del canal.** Para asegurar las condiciones convenientes en la zona de las raíces, el canal deberá tener una pendiente que permita a la solución fluir a lo largo del mismo. En general, pendientes entre 1.5 y 2 % parecen convenientes y las menores de 1 % deberán evitarse.

Si tú vas a hacer tu propia instalación con tubería de NFT y va a ser una instalación larga, entonces es muy importante que mantengas una inclinación dentro de dicha tubería donde asegures que tanto al inicio de tu tubería como al final exista una altura adecuada de nutrientes para asegurar que tus plantas no vayan a secarse.

**h. El oxígeno en la solución nutritiva.** La solución nutritiva dentro del sistema se va a mantener oxigenada debido a la circulación de la misma dentro del sistema. Como comentamos en el punto anterior, la circulación ocurre gracias a la inclinación de la tubería para NFT o por diferencias en las alturas de las conexiones como sucede con el Paquete Básico y Completo de NFT en ambientes de venta.

Circulación de la solución nutritiva por diferencias de altura en los paquetes de NFT.

Debido a la circulación del nutriente, la solución nutritiva mantiene un nivel adecuado de oxígeno de manera natural; sin embargo, en instalaciones de más de 10 metros de largo y que contengan una densidad grande de plantas, poco a poco se puede ir perdiendo el oxígeno que circula en la solución; por lo que muchos hidrocultores optan por compensar el oxígeno perdido en estas instalaciones largas a través de la utilización de bombas de aire, las cuales bombean el aire por dentro de las tuberías directamente a la solución nutritiva.

Así mismo, la temperatura de la Solución Nutritiva tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta: es decir, que cuando la temperatura es menor de 22°C el oxígeno disuelto es suficiente para abastecer

la demanda. En cambio a temperaturas mayores de 22°C, la cantidad de oxígeno disuelta en la solución nutritiva comienza a disminuir y en casos muy obvios, es necesaria la utilización de bombas de aire para compensar esta pérdida.

La concentración de oxígeno disuelto en la Solución Nutritiva también depende de la demanda de oxígeno por las plantas; en la medida que aumenta el número de ellas, aumenta el requerimiento de oxígeno.

#### **4.6.4. Especies de plantas que puedes cultivar en NFT**

- Lechuga
- Acelga
- Espinaca
- Aromáticas (albahaca, orégano, laurel, lavanda, etc.)
- Chile
- Pimiento Morrón
- Jitomate
- Ornamentales

#### **4.6.5. El sistema de cultivo NFT**

El NFT se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, sin que éstas por tanto se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que simplemente quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la solución hacia cotas más bajas por gravedad.

El agua se encuentra muy fácilmente disponible para el cultivo, lo que representa una de las mayores ventajas del sistema, al ser mínimo el gasto de energía que debe realizar la planta en la absorción, pudiendo aprovechar ésta en otros procesos metabólicos. La renovación continua de la solución nutritiva en el entorno de la raíz permite un suministro adecuado de nutrientes minerales y oxígeno, siempre, claro está, que se realice un correcto manejo del sistema.

#### **4.6.6. Elementos constituyentes de una instalación de NFT**

Pueden distinguirse los siguientes elementos principales:

- a) Tanque colector
- b) Bomba de impulsión
- c) Tuberías de distribución
- d) Canales de cultivo
- e) Tubería colectora

El tanque colector es el elemento encargado de almacenar el drenaje procedente de los canales de cultivo que escurre hasta aquél por gravedad, por lo que resulta conveniente que se encuentre en la parte más baja de la explotación. El material de fabricación puede ser polietileno, PVC o fibra de vidrio, aunque también puede ser de metal tratado interiormente con pintura epóxica.

En lo que se refiere a su volumen, éste vendrá determinado fundamentalmente por la superficie de cultivo. En muchas instalaciones la capacidad del tanque sólo representa entre el 10 y el 15 % del volumen total de solución que circula en el sistema, ya que el resto se encuentra contenido en las tuberías y canales.

Sin embargo, cuando se realiza riego intermitente, el volumen disponible tiene que ser bastante mayor para acumular toda el agua en el momento de parada. El tanque colector debe incorporar una boya que cierre la tubería de aporte de agua exterior al sistema, con el fin de mantener constante el nivel en el depósito y evitar su desbordamiento. De este modo, al producirse el consumo hídrico por parte del cultivo y bajar dicho nivel, a su vez descenderá la boya, permitiendo así que entre agua exterior a la instalación.

En cuanto a la inyección de fertilizantes, ésta se realiza directamente al tanque a partir de unos depósitos de soluciones madre en base a las lecturas tomadas por unas sondas que controlan la conductividad eléctrica y el pH de la solución que se aporta al cultivo. De esta forma, unas electroválvulas permiten la caída por gravedad de los fertilizantes al tanque, hasta que las lecturas se igualan con las consignas introducidas en el equipo electrónico encargado de controlar la apertura y cierre de dichas electroválvulas. También se pueden utilizar bombas inyectoras para incorporar las soluciones madre.

La bomba de impulsión se encarga de verter la solución nutritiva, del tanque colector, en el extremo superior de los canales de cultivo. Dado que normalmente la diferencia de cotas a superar es pequeña, el requerimiento de potencia resulta mínimo, aunque hay que tener en cuenta que funcionará permanentemente durante un largo periodo de tiempo, por lo que debe integrar componentes sólidos y de calidad.

Con el fin de hacer frente a posibles averías de la bomba o fallos en el suministro eléctrico, resulta conveniente instalar en paralelo un equipo de

bombeo accionado por un motor diésel, que entre en funcionamiento en caso de ser necesario.

Las tuberías de distribución son las encargadas de conducir la solución nutritiva desde el tanque hasta la parte superior de los canales de cultivo. Serán de PVC y/o polietileno y su diámetro estará en función del caudal que deba circular por ellas, teniendo en cuenta que debe existir un caudal por cada canal de 2-3 litros por minuto para así establecer una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes.

Los canales de cultivo constituyen el medio de sostén de las plantas y además la base sobre la que fluye la solución nutritiva. Dado que es necesario que la altura de la lámina de agua en el interior del canal no supere los 4 ó 5 mm con el fin de conseguir una adecuada oxigenación de las raíces, resulta muy conveniente utilizar canales de sección plana y no cóncava.

En lo que se refiere a su longitud, ésta no debe superar los 15 m para asegurar unas condiciones adecuadas y homogéneas en todo el canal y evitar la falta de oxígeno disuelto en la parte final del mismo. Por último, la pendiente longitudinal debe estar entre el 1 y el 2 % ya que, si resulta inferior, queda dificultado el retorno de la solución al tanque colector y la altura de la lámina de agua puede ser excesiva. Por otro lado, no es conveniente que sea mayor del 2 %, ya que entonces se dificultaría la absorción de agua y nutrientes, especialmente cuando las plantas son pequeñas, por una excesiva velocidad de circulación de la solución en el canal.

La tubería colectora es la que se encarga de recoger la solución nutritiva al final de los canales de cultivo y llevarla hasta el tanque colector por gravedad. Suele ser de PVC y debe tener una pendiente suficiente para asegurar la evacuación.

#### **4.6.7. La solución nutritiva en NFT**

Cuando se empezó a desarrollar la técnica del NFT en los años 70, lo primero que se pensó fue que, al no existir un medio sólido con capacidad tampón, la formulación de la solución nutritiva debería ser alterada de acuerdo con la etapa de desarrollo del cultivo, y que se requerirían distintas formulaciones para diferentes cultivos, lugares y épocas del año, de forma que la técnica no sería práctica para producción comercial, ya que se necesitaría la elaboración de análisis químicos frecuentes en los que poder basar los ajustes del aporte nutricional.

Sin embargo, pronto se vio que esto no era así, sino que, al existir una recirculación continua de la solución nutritiva a través de las raíces del cultivo, el rango de tolerancia a la concentración de nutrientes era muy grande, no obteniéndose diferencias significativas en cuanto a crecimiento del cultivo, cosecha e incluso absorción de nutrientes en amplias bandas de concentraciones iónicas. Así, por ejemplo, no se observaron diferencias trabajando en un intervalo de nitrógeno de 10 a 320 ppm, y se consiguieron resultados similares con el fósforo entre 5 y 200 ppm y con el potasio entre 20 y 375 ppm (**Cooper, 1979**). No obstante, a nivel práctico, no es aconsejable trabajar con niveles muy bajos de nutrientes, ya que entonces apenas existiría una reserva disponible, de la que poder nutrirse la planta, en el caso de estar

utilizando un equilibrio desajustado para algún ion. En el cuadro 04 se presentan las concentraciones nutritivas mínimas, óptimas y máximas para el cultivo de tomate en NFT ofrecidas por **Winsor, et al. (1979)**.

**Cuadro 04: Concentraciones de nutrientes para tomate en NFT**

Concentración (mg×l <sup>-1</sup> )			
Elemento	Mínima	Óptima	Máxima
NO3-N	50	150-200	300
P	20	50	200
K	50	300-500	600
Ca	125	150-300	400
Mg	25	50	150
Fe	1.5	3	6
Mn	0.25	1	5
Cu	0.01	0.1	1
Zn	0.05	0.1	5
B	0.1	0.2	2
Mo	0.01	0.05	0.1
Na	-	-	250
Cl	-	-	400

**FUENTE: Winsor, et al. (1979)**

En definitiva, cuando se trabaja con NFT, hay que mantener unas relaciones adecuadas entre los distintos iones presentes en la solución para que no haya competencia entre ellos, especialmente en lo que se refiere a los de más difícil absorción como el calcio o el magnesio, aunque las concentraciones absolutas de los diferentes elementos pueden ser muy variables. Esto es lo que diferencia fundamentalmente al NFT, frente a los sistemas en sustrato recirculantes.

Por otro lado, los nutrientes incorporados por los fertilizantes más los que lleva el agua de aporte exterior deben ajustarse a los coeficientes de absorción del cultivo para cada uno de dichos elementos (el coeficiente de absorción de un elemento es la cantidad del mismo que es absorbida por el cultivo por cada litro de agua que éste a su vez absorbe) ya que, si no es así, aunque en un principio la solución final esté bien balanceada, se producirá una acumulación progresiva de los iones que se suministran a una concentración mayor que su absorción y una disminución de los que se aportan a menor concentración, desequilibrándose finalmente dicha solución. Por tanto, se entiende que es necesario conocer los coeficientes de absorción del cultivo para la etapa de desarrollo y época del año que correspondan, y éste es un trabajo importante a realizar a nivel de investigación.

Un caso extremo de lo anteriormente comentado se presenta cuando se emplean aguas salinas de baja calidad, en las que la presencia de sodio y cloruros es elevada y muy superior a la capacidad de absorción del cultivo. En tal caso, la presencia relativa de estos iones es mucho mayor que la del resto de nutrientes y su acumulación se produce rápidamente, de forma que en pocos días gran parte del valor de la conductividad eléctrica de la solución, que se ha marcado como consigna, viene determinado por estos elementos y el resto está casi ausente, al ser cada vez menor el aporte que se realiza de fertilizantes. Es esto último, principalmente, lo que produce una fuerte depresión del cultivo, ante la imposibilidad de nutrirse adecuadamente, y obliga a una renovación del agua en recirculación por otra nueva exterior.

Las dificultades que se plantean en NFT con el uso de aguas salinas es uno de los mayores problemas que tiene este sistema. Sin embargo, pueden paliarse en gran medida mediante la incorporación de ciertas modificaciones. Así, por ejemplo, se puede hacer entrar al tanque colector solución nutritiva previamente preparada en lugar de agua sola conforme se produce el consumo hídrico, lo que asegura el mantenimiento de unos niveles mínimos de los distintos iones que necesita la planta. En cualquier caso, a partir de aquí, conforme se lleve a cabo la recirculación y tenga lugar la acumulación de los elementos en exceso, se producirá un aumento progresivo de la conductividad eléctrica. La renovación total o parcial del agua presente en el sistema por solución nutritiva nueva cuando se alcancen ciertos niveles indeseados, permitirá rebajar la salinidad y evitar que se superen tales niveles.

Otra modificación del sistema que podrá ser factible en un futuro no lejano gracias al avance de la instrumentación química, será la incorporación de electrodos de medida en continuo de iones selectivos. De este modo, los valores medidos servirán como datos de entrada de un programa informático capaz de calcular continuamente las necesidades de aporte de las diferentes soluciones madre para alcanzar unos niveles deseados que previamente se habrán introducido como consigna. En este caso lo más lógico parece que es utilizar distintas soluciones madre de abonos líquidos de calidad con una riqueza constante conocida. Con todo ello mantendremos los niveles deseados de nutrientes, aunque igualmente se seguirá produciendo una acumulación de los iones que estén en exceso en el agua y esto obligará a realizar una renovación parcial de la solución nutritiva periódicamente.

## **4.7. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS PARA CULTIVAR ESPINACAS**

**<http://www.agrohuerto.com/como-cultivar-espinacas-en-tu-huerto/>**

Refiere lo siguiente:

### **4.7.1. Temperatura**

Soportan temperaturas por debajo de los 0°C; sin embargo, si persisten demasiado pueden causar daños foliares y parada del desarrollo del cultivo. La temperatura mínima para que la planta continúe su crecimiento es de 5 °C. Al alargarse las horas de sol y aumentar las temperaturas por encima de 15°C, la planta comenzará a emitir flores, lo cual no nos interesa, puesto que la planta gasta nutrientes en formar flores y menos en desarrollar su parte vegetativa que es la que realmente vamos a recolectar, por lo que el rendimiento se reduce con temperaturas altas y un largo fotoperiodo (horas de luz). Un exceso de calor hace que se vuelvan amargas al gusto.

**<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>**. Refiere que, soporta temperaturas por debajo de 0°C, que si persisten bastante, además de originar lesiones foliares, producen una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo suficiente. La temperatura mínima mensual de crecimiento es de aproximadamente 5°C. La adaptabilidad a las temperaturas bajas es de gran importancia práctica, dado que la mayor demanda de esta verdura coincide con el período otoñal-primaveral.

Las condiciones de iluminación y temperatura influyen decisivamente sobre la duración del estado de roseta. Al alargarse los días (más de 14 horas de luz diurna) y al superar la temperatura los 15°C, las plantas pasan de la fase

vegetativa (roseta) a la de “elevación” y producción (emisión de tallo y flores). La producción se reduce mucho si el calor es excesivo y largo el fotoperiodo, dado que las plantas permanecen en la fase de roseta muy poco tiempo, con lo que no se alcanza un crecimiento adecuado. Las espinacas que se han desarrollado a temperaturas muy bajas (5-15°C de media mensual), en días muy cortos, típicos de los meses invernales, florecen más rápidamente y en un porcentaje mayor que las desarrolladas también en fotoperiodos cortos, pero con temperaturas más elevadas (15-26°C). También las lluvias irregulares son perjudiciales para la buena producción de espinacas y la sequía provoca una rápida elevación, especialmente si se acompaña de temperaturas elevadas y de días largos.

#### **4.7.2. Requerimientos hídricos**

**<http://www.agrohuerto.com/como-cultivar-espinacas-en-tu-huerto/>.**

Menciona que, las lluvias irregulares son perjudiciales para una buena producción, así como las sequías, puesto que provocan una rápida floración, lo que impide que se desarrollen correctamente las hojas, sobre todo cuando se dan las condiciones propicias para ello comentadas anteriormente. Es por ello que será necesario el aporte de riegos cuando las temperaturas sean elevadas y los días largos, es decir, en primavera y verano.

#### **4.7.3. Suelo**

La espinaca es un cultivo relativamente exigente en cuanto al suelo. Les gustan los suelos ricos y equilibrados en nutrientes, profundos, con buena estructura, pH neutro, y francos, es decir, ni muy arcillosos ni muy arenosos. Además

prefieren que la tierra esté ligeramente húmeda, pero no toleran los encharcamientos. Necesitan materia orgánica y sobre todo Nitrógeno, pues es muy importante para el desarrollo de la hoja. A pesar de todo ello, puede crecer en otros tipos de suelo, pero siempre que tengan buena cantidad de materia orgánica, pues aporta nutrientes y sobre todo nitrógeno, así que es muy importante agregar nuestro compost a la tierra.

**<http://www.infoagro.com/hortalizas/espina.htm>**. Refiere que la espinaca, es una especie bastante exigente en cuanto a suelo y prefiere terrenos fértiles, de buena estructura física y de reacción química equilibrada. Por tanto, el terreno debe ser fértil, profundo, bien drenado, de consistencia media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno, del que la espinaca es muy exigente. No debe secarse fácilmente, ni permitir el estancamiento de agua. En suelos ácidos con pH inferior a 6,5 se desarrolla mal, a pH ligeramente alcalino se produce el enrojecimiento del pecíolo y a pH muy elevado es muy susceptible a la clorosis.

#### **4.8. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS**

**Zirena, J. (2002)**. Indica que la llave del éxito será la utilización de nutrientes como método de nutrición de las plantas, es conveniente disponer de un programa de diagnóstico (en grandes plantaciones a nivel comercial) que nos permita conocer el nivel nutricional de la planta en cualquier momento, para así poder evitar los desequilibrios nutricionales que limitarían el crecimiento de las mismas. El método ideal para diagnosticar alguna deficiencia de nutriente es el análisis foliar una o dos veces por semana como medida preventiva, para así

medir el nivel de cada uno de los elementos esenciales en los tejidos de las plantas y así poder corregir alguna deficiencia vía solución nutritiva.

**Howard, R. (2001).** Indica que los cultivos hidropónicos se han desarrollado a través de los estudios de los constituyentes de las plantas, los cuales han permitido descubrir los elementos esenciales de éstos. Cualquiera que intente emplear técnicas hidropónicas deberá tener suficientes, conocimientos de nutrición vegetal. La nutrición de las plantas por medio de la utilización de soluciones de nutrientes será la llave del éxito en los cultivos hidropónicos.

#### - **Desórdenes nutricionales**

Un desorden nutricional es un mal funcionamiento de la fisiología de la planta, y da como resultado un crecimiento anormal, causado bien por una deficiencia o por un exceso de uno o varios elementos minerales. Este desorden lo muestra la planta, bien externa, o internamente por medio de síntomas. El diagnóstico de un desorden nutricional incluye una detallada descripción e identificación del desorden. Una deficiencia o exceso de cada uno de los elementos esenciales da lugar a diferentes síntomas en las plantas, los cuales pueden utilizarse para identificar dicho desorden.

Los elementos se agrupan básicamente en aquéllos que son móviles y los que son inmóviles, siempre teniendo diferentes grados de movilidad. Los elementos móviles son aquellos que pueden translocarse de una parte a otra parte de la planta moviéndose desde los lugares originales de situación (hojas viejas) a las regiones de crecimiento activo de la planta (hojas jóvenes) cuando ocurre una deficiencia. Esto da como resultado que los

primeros síntomas aparezcan en las hojas más viejas de las partes más bajas de las plantas. Los elementos móviles son el magnesio, fósforo, potasio, zinc y nitrógeno. Cuando ocurre una reducción de los elementos inmóviles, no hay ninguna translocación de éstos a las regiones de desarrollo de las plantas, sino que permanecen en las hojas más viejas donde fueron originariamente depositados. Así pues, los síntomas de deficiencia aparecerán, en primer lugar, es las hojas más jóvenes de la parte superior de la planta. Los elementos inmóviles incluyen el calcio, hierro, azufre, boro, cobre y manganeso.

A menudo, la deficiencia de un elemento permite un antagonismo hacia la absorción de otro elemento. Por ejemplo, la deficiencia del boro puede causar también una deficiencia en calcio. La deficiencia de calcio puede permitir una deficiencia en potasio, y viceversa.

Si tiene lugar una toxicidad, el medio de cultivo deberá ser lavado con gran cantidad de agua limpia para reducir los niveles nutricionales en dicho medio. Este lavado puede ser hecho a lo largo de una semana a diez días, dependiendo de la severidad del desorden.

#### **4.8.1. Soluciones nutritivas**

**Palomino, K. (2008).** Dice que una forma de preparar solución nutritiva que ha sido probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe para producir una gran variedad de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales está compuesta de dos soluciones concentradas, las que llamaremos:

- Solución concentrada A, y
- Solución concentrada B.

La solución concentrada A aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayor proporción o cantidad.

La solución nutritiva concentrada B, aporta en cambio, los elementos nutritivos que son requeridos en menor cantidad o proporción, pero que son esenciales para que las plantas logren desarrollar en forma normal los procesos fisiológicos que la harán crecer bien y producir hermosos frutos y abundantes cosechas.

**Rodríguez, A. et al. (2001).** Mencionan que la solución hidropónica La Molina fue formulada después de varios años de investigación en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La primera fórmula se obtuvo en 1993 y hasta la fecha se han hecho varias modificaciones para mejorarla.

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y poco calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cobre, zinc, boro y molibdeno.

#### **4.8.2. Composición de las soluciones nutritivas**

**Zirena, J. (2002).** Indica que sólo 16 elementos están considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas. Estos se dividen en macronutrientes, requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes, requeridos en menor cantidad.

### Cuadro 05. Macro y micronutrientes para la nutrición de las plantas

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Potasio (K)	Cloro (Cl)
Azufre (S)	Manganeso (Mn)
Fósforo (P)	Boro (B)
Calcio (Ca)	Cobre (Cu)
Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Carbono (C)	Molibdeno (Mo)
Hidrógeno (H)	
Oxígeno (O)	

FUENTE: Zirena, J. (2002).

**Rodríguez, A. et al. (2001).** Indican que la fórmula de la solución hidropónica

La Molina se prepara con los siguientes fertilizantes:

#### **Solución concentrada A:**

(Para 5,0 litros de agua, volumen final)

- Nitrato de potasio 13.5% N, 45% K<sub>2</sub>O      500 g
- Nitrato de amonio 33% N                      350 g
- Superfosfato triple 45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20% CaO    180 g

#### **Solución hidropónica B:**

(Para 2,0 litros de agua, volumen final)

- Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S      220 g
- Quelato de hierro 6% Fe                      17 g
- Solución de micronutrientes                400 ml

### 4.8.3. Fórmulas de sales nutritivas

**James, D. (1994).** Refiere que para uso general en los cultivos sin tierra, la siguiente fórmula dará excelentes resultados:

<b>Sal fertilizante</b>	<b>Gramos</b>	<b>Elementos nutritivos provistos</b>
Sulfato de amonio	284	nitrógeno, azufre
Sulfato de potasio	100	azufre, potasio
Superfosfato	142	fósforo, calcio
Sulfato de magnesio	86	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	cantidad suficiente	hierro como para cubrir la cabeza de un fósforo.

Otra fórmula que apenas difiere de la anterior, pero también ha demostrado ser eficaz, es:

<b>Sal fertilizante</b>	<b>Gramos</b>	<b>Elementos nutritivos provistos</b>
Sulfato de sodio	355	nitrógeno
Sulfato de potasio	113	azufre, potasio
Superfosfato	142	fósforo, calcio
Sulfato de magnesio	100	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	cantidad suficiente	hierro como para cubrir la cabeza de un fósforo.

Damos una tercera fórmula recomendada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos:

<b>Sal fertilizante</b>	<b>Gramos</b>	<b>Elementos nutritivos provistos</b>
Sulfato de amonio	43	azufre, nitrógeno
Nitrato de potasio	255	potasio, azufre
Fosfato monocálcico	113	calcio, fósforo
Sulfato de calcio	198	azufre, calcio
Sulfato de magnesio	170	azufre, magnesio
Sulfato de hierro	cantidad suficiente	hierro como para cubrir la uña del meñique.

Advertencia: Las tres mezclas mencionadas contienen vestigios de nutrientes menores tales como manganeso, boro, zinc y cobre como impurezas de los fertilizantes dados, que probablemente estén también presentes en el agua por utilizar.

#### **4.8.4. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas**

**Vitorino, B. (2010).** Indica que de los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de la planta, 13 son nutrientes minerales. Ellos en condiciones naturales de cultivo (suelo) entran a la planta a través de las raíces. El déficit de uno solo de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el cultivador.

La localización de los síntomas de deficiencia en las plantas se relaciona mucho con la velocidad de movilidad de nutrientes a partir de las hojas viejas hacia los puntos de crecimiento; en el caso de los elementos (N,P,K) que son traslocados rápidamente, los síntomas aparecen primero en las hojas más

viejas. Los elementos móviles, como el calcio y boro, causan síntomas de deficiencia en los puntos de crecimiento.

En algunos elementos, el grado de movilidad depende del grado de deficiencia, la especie y el nivel de nitrógeno. Hay muy poca movilidad de cobre, zinc y el molibdeno desde las hojas viejas hacia las jóvenes, cuando las plantas están deficientes en estos elementos.

#### **4.8.4.1. Nitrógeno**

##### **a. Importancia agrícola de la asimilación del nitrógeno**

- **Elaboración clorofílica:** Esta función produce glúcidos que se proteinizan después por medio del N del suelo. Si el abonado del nitrógeno es abundante, la mayor parte de los glúcidos se emplean en la proteinización y quedan poco para los órganos de reserva. Por el contrario si hay déficit de N, los glúcidos tienden a acumularse. En este principio se basa la distinción entre plantas agrícolas “proteicas” (leguminosas) y “glucídicas” (remolacha, papa, yucas, etc.).

Una planta proteica con abono nitrogenado abundante desarrolla primero la parte aérea y la subterránea. Además el N favorece la formación de una auxina (ácido indolacético) que estimula la proliferación de las yemas y disminuye el ritmo de formación de las raíces. De hecho las plantas ricas en N forman yemas y raíces cortas y espesas. Sin embargo, es necesario un mínimo de N, pues en caso contrario se retrasa el crecimiento de la planta entera. Las leguminosas no necesariamente requieren el abonado nitrogenado, basta con el N

atmosférico que incorporan a través de las rizobias, esa es su naturaleza de nutrición nitrogenada.

- **Nitrógeno y sistema radicular:** La abundancia del N favorece el desarrollo aéreo en detrimento de las raíces. El N debe ir acompañado en iguales proporciones de otros elementos más el carbono (nutrición carbonada) para un equilibrio en la nutrición en general.
- **Nitrógeno y resistencia a las enfermedades:** El N disminuye o aumenta la resistencia a las enfermedades según los casos:
  - Asegura una vegetación mayor a la planta, repara más fácilmente los daños debidos a las enfermedades criptogámicas de las raíces; siembra precoz de la remolacha.
  - Hace más fina la cutícula y por ello es más fácil la penetración de esporas germinadas que, una vez en el interior, encuentran en los jugos ricos en N una alimentación mejor, al igual que atrae a los áficos.
  - Crea una vegetación más densa que retiene una atmósfera más húmeda favorable para la germinación de las esporas de los hongos. Estos inconvenientes se deben a un abonado nitrogenado unilateral; es decir, debe practicarse un abonado completo.
- **Época de aplicación de los abonos nitrogenados:** Como la evolución del N, tanto en la planta como en el suelo, es muy variable y condicionada por las características climáticas (temperatura, humedad),

la dosis de N y su época de aplicación, dependerán de estas condiciones imprevisibles a largo plazo.

En nuestras zonas de cultivo, el problema se concreta en conocer la mejor época de aplicación, junto con la siembra o durante los primeros estadios de crecimiento.

#### **b. Síntomas de carencia**

- Vegetación raquítica, las hojas se enderezan y quedan más frágiles, el peciolo se acorta y las nervaduras son más pronunciadas, ya que el desarrollo de las partes suculentas se ha retrasado.
- El color del follaje es verde amarillento o verde claro, que evoluciona después hacia una pigmentación anaranjada, púrpura o violácea en los bordes de las hojas. Esta evolución de colores se nota primero en las hojas antiguas.
- Las plantas son duras, rugosas, lignificadas, coriáceas; esto es importante para la mayor parte de las hortalizas, que deben ser suculentas.
- Retarda la maduración.

#### **c. Síntomas de abundancia**

Estos signos son opuestos a los de la carencia (por ejemplo en los lugares donde se ha acumulado los montones de estiércol, antes de su distribución en el campo):

- Las hojas son verde oscuras.

- Las plantas son suculentas y digestibles, hay pocas partes leñosas; por este motivo estas plantas son presa fácil de plagas y enfermedades.
- La madurez, y por tanto, la recolección se retrasan, pues el N estimula la vida vegetativa en perjuicio de los órganos de reproducción.
- El exceso de N acelera el desarrollo vegetativo aéreo, en detrimento de las raíces que fijan la planta al suelo (equilibrio: glúcidos/N).  
Estos efectos se deben a un exceso unilateral de N; pueden neutralizarse parcialmente con un buen abonado mineral que contenga los restantes elementos nutritivos: P, K, Ca. Este abonado completo aumenta también la resistencia de las enfermedades.

#### **4.8.4.2. Fósforo**

##### **a. Importancia agrícola**

- El P es necesario para la formación de las semillas (almidón), cuando falta el P la cosecha puede reducirse en un 50%.
- El P acelera la maduración contrarrestando el efecto unilateral de un exceso de N. Influye en la calidad de algunos productos; cebada cervecera.
- Estimula el desarrollo radicular; en ausencia del P, los glúcidos sirven para la formación de las partes aéreas.
- La abundancia del P explica la mayor resistencia de las raíces a algunas enfermedades.

- El P es necesario para la formación de los prótidos.
- La calidad de los alimentos (vitaminas) para el hombre, depende del P presente en todas las enzimas que producen las vitaminas.

#### **b. Síntomas de carencia**

- Presenta disminución general del crecimiento (estado benigno). La planta es más esbelta, los peciolos se alargan, las hojas son delgadas y erectas, las nervaduras poco pronunciadas y la planta toma el carácter de umbría.
- En estado agudo, las hojas amarillean y se necrosan, con un pardeado rojizo (no bronceado como en la carencia potásica).
- Estos signos son más o menos generales y se producen en suelos ligeros, pobres en cal y en ácido fosfórico y ricos en Fe por formación de  $\text{FePO}_4$  no asimilable.

#### **4.8.4.3. Potasio**

##### **a. Importancia agrícola**

- La cutícula de las células exteriores de las hojas, se hacen más resistentes a la penetración de las esporas patógenas.
- Las paredes de los vasos conductores son más espesas, con un diámetro menor. Las plantas que han recibido fuertes abonados potásicos gastan menos agua para su ETV. Esta situación es importante en suelos y climas secos.

- Ya que las raíces han de alimentarse con los glúcidos que vienen de las hojas, un abonado potásico abundante, estimula el desarrollo radicular.

#### **b. Síntomas de carencia**

- El K siendo un elemento móvil, si hay K en la planta, las hojas viejas ceden a las hojas jóvenes y aquellos presentarán los signos externos de carencia. Los bordes y los extremos de las hojas, comienzan a amarillear, broncearse y luego aparecen necrosados. En algunas especies la necrosis aparece en puntos blancos luego se necrosan.
- La falta de K con exceso de N, prolonga el periodo vegetativo con retraso de la maduración de las semillas.
- Las plantas resisten al frío; el K catión hidrófilo, aumenta la presión osmótica del jugo celular con descenso del punto de congelación en unos  $-2$  ó  $-3^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.8.4.4. Calcio**

##### **a. Importancia agrícola**

- El Ca interviene en la formación de las paredes celulares ya que se fijan precipitando en forma de pectatos de Ca y Mg.
- El Ca transporta la sustancia elaboradas por la planta.
- El Ca aumenta la transpiración y disminuye la absorción del agua por las raíces, ya que disminuye la permeabilidad de la membrana celular (es plasmolizante).

- El Ca neutraliza los ácidos orgánicos que podrían ser nocivos, si bajan demasiado el pH del jugo celular (como el ácido oxálico: oxalato de calcio).
- El Ca penetra en la planta por difusión por las raíces, cuando el suelo tiene de 30 a 35 ppm (para el Mg 20 a 30 ppm).

#### **b. Síntomas de carencia**

- La carencia en la planta se manifiesta desde la germinación, impidiendo el transporte de las sustancias elaboradas por la planta y provocando clorosis.
- Detiene el desarrollo radicular.
- Las hojas se enrollan.
- Debido a su carácter perezoso, su distribución en la planta se realiza en forma inversa a la del N, P y K, entonces la clorosis presentan las hojas jóvenes o apicales (blanquesinas).

#### **4.8.4.5. Magnesio**

##### **a. Importancia agrícola**

- Es el único elemento mineral presente en el núcleo de la clorofila, entonces es evidente que juega un papel importante en la elaboración de la misma.
- Aproximadamente los 2/3 del total del Mg contenido en la planta son solubles en agua y el resto combinado orgánicamente.

- El Mg es necesario para la formación de los carotenoides y otros pigmentos, por ejemplo la protoporfirina IX, precursores de la clorofila.
- La presencia de Mg en el suelo favorece la asimilación del fósforo y se pone en contacto con ellos para la formación de la fitina.
- El Mg interviene en la formación de los glúcidos (fosforilación).
- En necesario aplicar al suelo Mg adicional cuando se aplica al suelo grandes cantidades de potasio.

#### **b. Síntomas de carencia**

La carencia de Mg es como consecuencia de las siguientes condiciones:

- Se presenta en suelos ligeros, permeables, ácidos y en años lluviosos. Como consecuencia del lavado fuerte.
- Se presenta la carencia por la fijación del Mg en la red cristalina (arcillas ácidas montmorilloníticas).
- El encalado y los abonados potásicos provocan frecuentemente carencias de Mg (antagonismo iónico).
- La deficiencia en Mg de las plantas puede corregirse más fácilmente con un abonado magnésico aportando a las raíces que por riego foliar. El abono orgánico y la ceniza de vegetales son las fuentes principales y sustentables de magnesio.

#### 4.8.4.6. Azufre

##### a. Importancia agrícola

- Influye en el metabolismo, ya que, al igual que el P se encuentra abundantemente en todas las partes vitales.
- Las plantas con carencia de S disminuyen su asimilación de nitratos por hidrólisis de las albúminas ya formadas, lo que aumenta el contenido de aminas y amidas.
- Sólo el azufre reducido (sulhídrico – SH) es activado en la planta; el sulfúrico es una reserva. Contrariamente al N, que una vez reducido por la planta no vuelve a ser oxidado a  $\text{NO}_3^-$ , el S reducido puede ser reoxidado a  $\text{SO}_4^-$ , que permanece en la planta en reserva.

##### b. Síntomas de carencia

- Las hojas amarillean en los puntos de crecimiento (hojas jóvenes).
- Afecta la fotosíntesis que se realiza anormalmente.
- Como el S forma varios prótidos, la carencia de S tendrá puntos comunes con la del N.

#### 4.8.4.7. Hierro

**Vitorino, B. (2010).** Indican que:

- a. El hierro interviene en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos, bien como un componente metálico específico de los enzimas, bien como uno de los varios metales igualmente necesarios para la actividad de los enzimas

correspondientes. Muchas vitaminas, como por ejemplo: tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), etc. Constituyen grupos prostéticos de diferentes enzimas, o bien forman parte de dichos grupos. También el hierro participa en la síntesis clorofílica.

- b. Todos los vegetales deficientes en hierro muestran una sintomatología común, y es sin duda la más fácil de reconocer entre las deficiencias de los oligoelementos. Comienza con un ligero amarillamiento de las zonas foliares intervenales, en contraste con el color verde oscuro de sus nerviaciones. Cuando la enfermedad progresa, las hojas van siendo cada vez más amarillas, y en los casos muy graves se llega a la ausencia total de clorofila.
- c. El hierro resulta necesario aunque en cantidades mínimas. Algunas plantas absorben en cantidades mayores y son muy sensibles ante su carencia (espinaca, lechuga, encina, arroz, peral, nogal, naranjo, limonero, rosal, piña, etc.).
- d. Las plantas lo contienen en proporción de 0.1 a 6%.
- e. La absorción del Fe y su translocación en las plantas es frenada por el Mn, Cu, Mg, K y Rb. De todos, el más deprimente es el Zn.

#### **4.8.4.8. Manganeso**

- Aunque muchas de las funciones del manganeso son aún desconocidas, si se sabe que interviene en numerosos procesos metabólicos que se realizan en las plantas. En ellos, su

comportamiento químico se asemeja en ciertos aspectos al calcio y magnesio, y en otros a los oligoelementos hierro y cinc.

- Influye en el proceso fotosintético, así cuando las plantas enfermas fotosintetizan mucho menos que las sanas. Posteriormente se comprobó que la causa de alteración era la deficiencia de manganeso.
- Aunque no se puede considerar como regla general, los primeros síntomas de la deficiencia de manganeso suelen observarse en las hojas jóvenes. Aparecen bajo la forma de decoloraciones, que van desde verde pálido a amarillo, o manchas cloróticas entre las nerviaciones. Las hojas, en cuanto a tamaño y forma, no difieren de las normales.
- El Mn interviene en la respiración (oxidación) y en síntesis de proteínas: reducción de los nitratos a nitritos y a  $\text{-NH}_2$ .
  - El Mn es necesario igual que el Fe, se encuentran en todas las plantas, a veces incluso en las mismas cantidades que el Fe (0.5 – 2%).
  - Se han comprobado carencias de Mn en casi todas las plantas cultivadas: cereales, soja, vid, caña de azúcar, remolacha y lechuga.
  - Estimula la formación de los hidratos de carbono. Forma parte de varias enzimas de las que intervienen en el ciclo de Krebs.
  - La carencia de Mn se manifiesta sobre todo en el menor contenido de clorofila en las plantas.

#### **4.8.4.9. Boro**

- Interviene en el metabolismo y transporte de carbohidratos, en la formación de las paredes celulares (lignificación), influencia en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la síntesis proteica.
- Las plantas jóvenes absorben el B más intensamente que las adultas. El B es muy móvil en la planta después de la absorción radicular, pero en las hojas quedan casi inmovilizadas.
- Los monocotiledóneas son más pobres en B que las dicotiledóneas.
- El B influye en la división celular.

#### **4.8.4.10. Cinc**

- Este oligoelemento es requerido para la síntesis del ácido B-indol acético, una de las hormonas de crecimiento en las plantas; participa en el metabolismo nitrogenado; en la glucólisis y transformación de las hexosas fosforiladas.
- Bajo el punto de vista analítico, es interesante señalar que todas las plantas deficientes de cinc presentan en sus hojas altos contenidos de hierro, manganeso, nitratos y fosfatos, y bajos en almidón. Se observa también que las células contienen un número de cloroplastos siempre notablemente inferior a las normales.
- Interviene en la producción de auxinas que activan las yemas.
- Influye en la actividad fotosintética.

#### **4.8.4.11. Cobre**

- Las funciones del cobre en la planta están asociadas con un buen número de enzimas, ya sea como activador, o formando parte de ellos como grupo prostético.
- En el caso de una deficiencia de cobre, los enzimas fenoloxidasas no presentan actividad, se sintetiza menos lignina, los tejidos quedan debilitados y los órganos de la planta tienden a encorvarse por esta pérdida de rigidez.
- Es elemento esencial de algunas enzimas vegetales y juega un papel importante en la respiración.
- El Cu se combina con las proteínas con carácter de fermentos: ureasa, lactasa, tirosinasa y la oxidasa. Todas estas enzimas oxidan la MO, con el O<sub>2</sub> libre. El Cu se encuentra en este caso en forma de quelatos.
- El Cu oxida el Fe en la planta y le hace inasimilable. Una carencia de Cu acumula Fe en los tejidos (Cu/Fe).

#### **4.8.4.12. Molibdeno**

- El principal papel fisiológico del molibdeno se fundamenta en el hecho de que es componente de dos enzimas que catalizan procesos importantes en la planta: nitrogenasa y nitrato reductasa.
- El enzima nitrogenasa constituye la molécula base en la fijación biológica del nitrógeno. Todos los organismos que fijan el nitrógeno contienen este enzima, y aquellos que no lo poseen son incapaces de hacerlo.

- Los enzimas nitrato reductasa, también es importante para asegurar la reducción del nitrógeno nítrico absorbido por la planta en la forma amónica. A partir de ésta, el nitrógeno puede incorporarse como constituyente de los diversos compuestos nitrogenados que integran su organismo.
- Las plantas no leguminosas requieren para la reducción del nitrato ya que el Mo es activador de las enzimas de la reductasa del nitrato y de la oxidasa de la xantina.
- El Mo es indispensable para la formación del ácido ascórbico.
- Una carencia del Mo disminuye el contenido de clorofila y aumenta la actividad respiratoria.
- Las plantas que carecen de Mo contienen un exceso de nitratos, se supone que el Mo predispone para su reducción a nitritos,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2$  y aminoácidos, especialmente ácido glutámico y glutamina.

#### **4.8.4.13. Cloro**

- Se admite que el cloro tiende a favorecer la turgencia de la planta y a actuar como neutralizador de cationes.
- Las alteraciones por deficiencia de cloro sólo han podido ser demostradas utilizando disoluciones nutritivas en condiciones de invernadero. Sus síntomas no son fáciles de identificar. Los más destacables son el marchitamiento de la planta y clorosis foliar, junto a un bronceado o necrosis de ciertas zonas, y disminución del tamaño. También se aprecia una reducción del crecimiento radicular y, en los casos agudos, no hay producción de frutos.

- Es muy móvil en los tejidos y emigran fácilmente a las partes en actividad fisiológica: hojas, tallos de gramíneas, jugo celular de los tejidos parenquimatosos.
- No está conocida perfectamente, pues el C está combinado siempre al Cl que puede ser necesario (K). Parece existir incluso un antagonismo iónico entre el Cl y el K. En presencia de exceso de Cl, la planta puede presentar carencias de K. Existe también antagonismo entre el Cl<sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, no más bien con los abonos amoniacales (NH<sub>4</sub>Cl).

#### **4.8.4.14. Sodio**

- La función específica que el sodio puede desempeñar en la planta no se conoce. Algunos investigadores han señalado recientemente su posible acción como activador del enzima carboxilasa fosfoenolpirúvica, primer enzima de carboxilación en la fotosíntesis de plantas C4.
- Es absorbido por la planta bajo la forma de ión Na<sup>+</sup>.
- El Na corrobora la actividad del K en la planta, eleva el CRU del K triplicándola.
- Existe un antagonismo entre el K y el Na, tanto en el suelo como en la planta. Un suelo rico en K o enriquecido por un abono potásico, disminuye el contenido de Na en la planta e inversamente (gramíneas especialmente).

#### **4.8.4.15. Silicio**

- La función en la planta no está establecida. La similitud química que presenta con el fósforo y el boro ha hecho que algunos autores piensen en la posibilidad de que el silicio pueda reemplazar o interferir determinadas funciones de aquellos, como por ejemplo consensarse con azúcares-alcoholes o ácidos orgánicos.
- Se encuentra especialmente en la membrana celular. Si se incineran estos tejidos y se les somete a examen microscópico puede aún verse la forma de las células.
- El Si se encuentra en el tejido del duramen y a lo largo de los vasos, es decir en los lugares menos vitales. Lo que indica que el Si es una sustancia inerte que la planta debe transportar con la savia bruta. El Si hace más frágil y rígidos los órganos de la planta (riesgo de encamado).

#### **4.8.4.16. Cobalto**

- En el momento actual, el elemento sólo se considera esencial para organismos que fijan el nitrógeno atmosférico.
- La vitamina B12 contiene Co; se forma por la flora microbiana en el intestino de los rumiantes, pero aún no se ha comprobado que la vitamina B12 puede formarse en la misma planta.

#### 4.8.4.17. Vanadio

- Un buen número de estudios han implicado al vanadio en el proceso de fijación del nitrógeno atmosférico. Según los datos aportados, se sugiere que el vanadio puede reemplazar al molibdeno como elemento necesario para la fijación en distintas especies de Azotobacter, hasta un cierto límite, pero en ningún caso se ha podido demostrar que puede sustituirlo de una forma total. También se ha indicado por otros que esta participación puede tener lugar en la fijación simbiótica del nitrógeno por Rhizobium. Sin embargo, en toda esta problemática y en el momento actual, no se disponen de resultados concretos para aceptar de forma concluyente esta participación.
- Aumenta la actividad de algunas sustancias de crecimiento como el ácido ascórbico, la oxidasa polifenólica, las peroxidasa y la catalasa en las hojas y frutos.
- Las plantas que crecen en suelos seleníferos contienen mucho vanadio y, contrariamente, las que lo hacen en terrenos calizos contienen poco.

**<http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>**. Refiere que los nutrientes para las plantas a través del sistema de HHP (Huerta Hidrónica Popular) son suministrados en forma de soluciones nutritivas que se consiguen en el comercio agrícola. Las soluciones pueden ser preparadas por los mismos cultivadores cuando ya han adquirido experiencia en el manejo de los cultivos o tienen áreas lo suficientemente grandes como para que se justifique hacer una inversión en materias primas para su preparación. Alternativamente, si las

mismas estuvieran disponibles en el comercio, es preferible comprar las soluciones concentradas, ya que en este caso sólo es necesario disolverlas en un poco de agua para aplicarlas al cultivo.

Las soluciones nutritivas concentradas contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas.

#### - **Composición de las soluciones nutritivas**

Además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) ellos consumen con diferentes grados de intensidad los siguientes elementos:

Indispensables para la vida de los vegetales, son requeridos en distintas cantidades por las plantas. Entre los que necesitan en cantidades grandes están el nitrógeno, el fósforo y el potasio. En cantidades intermedias el azufre, el calcio y el magnesio. En cantidades muy pequeñas (elementos menores) el hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

Útiles pero no indispensables para su vida: cloro, sodio, silicio.

Innecesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen: cobalto, yodo.

Tóxicos para el vegetal: aluminio.

Es muy importante tener en cuenta que cualquiera de los elementos antes mencionados puede ser tóxicos para las plantas si se agregan al medio en proporciones inadecuadas, especialmente aquellos que se han denominado elementos menores.

### - **Funciones de los elementos nutritivos en las plantas**

De los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, 13 son nutrimentos minerales. Ellos en condiciones naturales de cultivo (suelo) entran a la planta a través de las raíces. El déficit de sólo uno de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el cultivador.

La localización de los síntomas de deficiencia en las plantas se relaciona mucho con la velocidad de movilización de los nutrientes a partir de las hojas viejas hacia los puntos de crecimiento; en el caso de los elementos móviles (N, P, K) que son trasladados rápidamente, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas. Los elementos inmóviles, como el calcio y el boro, causan síntomas de deficiencia en los puntos de crecimiento.

En algunos elementos, el grado de movilidad depende del grado de deficiencia, la especie y el nivel de nitrógeno. Hay muy poca movilidad del cobre, el zinc y el molibdeno desde las hojas viejas hacia las jóvenes, cuando las plantas están deficientes en esos elementos.

De acuerdo con las cantidades que las plantas consumen de cada uno de ellos (no todos son consumidos en igual cantidad) los 13 nutrientes extraídos normalmente del suelo son clasificados en tres grupos que se describen a continuación.

## - Elementos mayores

El nitrógeno, fósforo y potasio se denominan “elementos mayores” porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades tan grandes que la tierra no puede suministrarla en forma completa. Se consumen en grandes cantidades.

- **Nitrógeno (N):** Es absorbido en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ .

**Características:** Da el color verde intenso a las plantas. Fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción de hojas. Mejora la calidad de las hortalizas. Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de alimentos y forrajes.

**Deficiencia:** Aspecto enfermizo de la planta. Color verde amarillento debido a la pérdida de clorofila. Desarrollo lento y escaso. Amarillamiento inicial y secado posterior de las hojas de la base de la planta que continua hacia arriba, si la deficiencia es muy severa y no se corrige; las hojas más jóvenes permanecen verdes.

**Toxicidad:** Cuando se le suministra en cantidades desbalanceadas en relación con los demás elementos, la planta produce mucho follaje de color verde oscuro, pero el desarrollo de las raíces es reducido. La floración y la producción de frutos y semillas se retardan.

- **Fósforo (P):** Las plantas lo toman en forma de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

**Características:** Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Facilita el rápido y vigoroso comienzo a las plantas. Acelera la maduración y

estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas. Da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.

**Deficiencia:** Aparición de hojas, ramas y tallos de color purpúreo; este síntoma se nota primero en las hojas más viejas. Desarrollo y madurez lenta y aspecto raquítico en los tallos. Mala germinación de las semillas. Bajo rendimiento de frutos y semillas.

**Toxicidad:** Los excesos de fósforo no son notorios a primera vista, pero pueden ocasionar deficiencia de cobre o de zinc.

- **Potasio (K):** Las plantas lo toman en forma de  $K_2O$ .

**Características:** Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas. Ayuda a la producción de proteína de las plantas. Aumenta el tamaño de las semillas. Mejora la calidad de los frutos. Ayuda al desarrollo de los tubérculos. Favorece la formación del color rojo en hojas y frutos.

**Deficiencia:** Las hojas de la parte más baja de la planta se queman en los bordes y puntas; generalmente la vena central conserva el color verde; también tienden a enrollarse. Debido al pobre desarrollo de las raíces, las plantas se degeneran antes de llegar a la etapa de producción. En las leguminosas da lugar a semillas arrugadas y desfiguradas que no germinan o que originan plántulas débiles.

**Toxicidad:** No es común la absorción de exceso de potasio, pero altos niveles de él en las soluciones nutritivas pueden ocasionar deficiencia de magnesio y también de manganeso, hierro y zinc.

- **Elementos secundarios**

Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes en la constitución de los organismos vegetales.

- **Calcio (Ca):** Es absorbido en forma de CaO.

**Características:** Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas. Mejora el vigor general de las plantas. Neutraliza las sustancias tóxicas que producen las plantas. Estimula la producción de semillas. Aumenta el contenido de calcio en el alimento humano y animal.

**Deficiencia:** Las hojas jóvenes de los brotes terminales se doblan al aparecer y se queman en sus puntas y bordes. Las hojas jóvenes permanecen enrolladas y tienden a arrugarse. En las áreas terminales pueden aparecer brotes nuevos de color blanquecino. Puede producirse la muerte de los extremos de las raíces. En los tomates y sandías la deficiencia de calcio ocasiona el hundimiento y posterior pudrición seca de los frutos en el extremo opuesto al pedúnculo.

**Toxicidad:** No se conocen síntomas de toxicidad por excesos, pero éstos pueden alterar la acidez del medio de desarrollo de la raíz y esto si afecta la disponibilidad de otros elementos para la planta.

- **Magnesio (Mg):** Las plantas lo absorben como MgO.

**Características:** Es un componente esencial de la clorofila. Es necesario para la formación de los azúcares. Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes. Actúa como transportador del fósforo dentro de la planta. Promueve la formación de grasas y aceites.

**Deficiencia:** Pérdida del color verde, que comienza en las hojas de abajo y continua hacia arriba, pero las venas conservan el color verde. Los tallos se forman débiles, y las raíces se ramifican y alargan excesivamente. Las hojas se tuercen hacia arriba a lo largo de los bordes.

**Toxicidad:** No existen síntomas visibles para identificar la toxicidad por magnesio.

- **Azufre (S)**

**Características:** Es un ingrediente esencial de las proteínas. Ayuda a mantener el color verde intenso. Activa la formación de nódulos nitrificantes en algunas especies leguminosas (porotos, arvejas, habas, soya). Estimula la producción de semilla. Ayuda al crecimiento más vigoroso de las plantas.

**Deficiencia:** Cuando se presenta deficiencia, lo que no es muy frecuente, las hojas jóvenes y sus venas toman un color verde claro; el espacio entre las nervaduras se seca. Los tallos son cortos, endebles, de color amarillo. El desarrollo es lento y raquítico.

## - Elementos menores

Las plantas los necesitan en cantidades muy pequeñas, pero son fundamentales para regular la asimilación de los otros elementos nutritivos. Tienen funciones muy importantes especialmente en los sistemas enzimáticos. Si uno de los elementos menores no existiera en la solución nutritiva, las plantas podrían crecer pero no llegarían a producir o las cosechas serían de mala calidad.

### • Cobre (Cu):

**Características:** El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.

**Deficiencia:** Severo descenso en el desarrollo de las plantas. Las hojas más jóvenes toman color verde oscuro, se enrollan y aparece un moteado que va muriendo. Escasa formación de la lámina de la hoja, disminución de su tamaño y enrollamiento hacia la parte interna, lo cual limita la fotosíntesis.

**Toxicidad:** Clorosis férrica, enanismo, reducción en la formación de ramas y engrosamiento y oscurecimiento anormal de la zona de las raíces.

### • Boro (B):

**Características:** Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas. Es importante para la buena calidad de las semillas de las especies leguminosas.

**Deficiencia:** Anula el crecimiento de tejidos nuevos y puede causar hinchazón y decoloración de los vértices radicales y muerte de la zona apical (terminal) de las raíces. Ocasiona tallos cortos en el apio, podredumbre de color pardo en la cabeza y a lo largo del interior del tallo del coliflor, podredumbre en el corazón del nabo, ennegrecimiento y desintegración del centro de la betarraga.

**Toxicidad:** Se produce un amarillamiento del vértice de las hojas, seguido de la muerte progresiva, que va avanzando desde la parte basal de éstas hasta los márgenes y vértices. No se deben exceder las cantidades de este elemento dentro de las soluciones nutritivas ni dentro de los sustratos, porque en dosis superiores a las recomendadas es muy tóxico.

- **Hierro (Fe):**

**Características:** No forma parte de la clorofila, pero está ligado con su biosíntesis.

**Deficiencia:** Causa un color pálido amarillento del follaje, aunque haya cantidades apropiadas de nitrógeno en la solución nutritiva. Ocasiona una banda de color claro en los bordes de las hojas y la formación de raíces cortas y muy ramificadas. La deficiencia de hierro se parece mucho a la del magnesio, pero la del hierro aparece en hojas más jóvenes.

**Toxicidad:** No se han establecido síntomas visuales de toxicidad de hierro absorbido por la raíz.

- **Manganeso (Mn):**

**Características:** Acelera la germinación y la maduración. Aumenta el aprovechamiento del calcio, el magnesio y el fósforo. Cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.

**Deficiencia:** En tomates y betarraga causa la aparición de color verde pálido, amarillo y rojo entre las venas. El síntoma de clorosis se presenta igualmente entre las venas de las hojas viejas o jóvenes, dependiendo de la especie; estas hojas posteriormente mueren y se caen.

- **Zinc (Zn):**

**Características:** Es necesario para la formación normal de la clorofila y para el crecimiento. Es un importante activador de las enzimas que tienen que ver con la síntesis de proteínas, por lo cual las plantas deficientes en zinc son pobres en ellas.

**Deficiencia:** Su deficiencia en tomate ocasiona un engrosamiento basal de los pecíolos de las hojas, pero disminuye su longitud; la lámina foliar toma una coloración pálida y una consistencia gruesa, apergaminada, con entorchamiento hacia fuera y con ondulaciones de los bordes. El tamaño de los entrenudos y el de las hojas se reduce, especialmente en su anchura.

**Toxicidad:** Los excesos de zinc producen clorosis férrica en las plantas.

- **Molibdeno (Mo):**

**Características:** Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

**Deficiencia:** Los síntomas se parecen a los del nitrógeno, porque la clorosis (amarillamiento) avanza desde las hojas más viejas hacia las más jóvenes, las que se ahuecan y se queman en los bordes. No se forma la lámina de las hojas, por lo que sólo aparece la nervadura central. Afecta negativamente el desarrollo de las especies crucíferas (repollo, coliflor, brócoli), la betarraga, tomates y legumbres.

**Toxicidad:** En tomate, los excesos se manifiestan con la aparición de un color amarillo brillante; en la coliflor, con la aparición de un color púrpura brillante en sus primeros estados de desarrollo.

- **Cloro (Cl):**

**Deficiencia:** Se produce marchitamiento inicial de las hojas, que luego se vuelven cloróticas, originando un color bronceado; después se mueren. El desarrollo de las raíces es pobre y se produce un engrosamiento anormal cerca de sus extremos.

**Toxicidad:** Los excesos producen el quemado de los bordes y extremos de las hojas; su tamaño se reduce y hay, en general, poco desarrollo.

## **V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación empleado fue descriptivo.

### **5.2 PERIODO DE INVESTIGACIÓN**

Desde la construcción de la cubierta con malla raschel hasta la evaluación de variables, análisis de resultados y presentación del informe final, fue de 6 meses.

### **5.3 ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN**

#### **1. Ubicación**

El campo de investigación se ubicó en las instalaciones de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

#### **2. Ubicación política**

Región : Cusco

Provincia: Cusco

Distrito : San Jerónimo

Localidad: Centro Agronómico K'ayra

## 5. Ubicación geográfica

Altitud : 3225 m  
Longitud : 71°58' Oeste  
Latitud : 13°50' Sur

## 6. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota  
Subcuenca : Huatanay  
Microcuenca: Huanacaure

## 7. Ubicación temporal

Inicio: 10 de setiembre del 2015 (almacigado).

Finalización: 25 de diciembre del 2015 (cosecha).

### 5.4 ZONA DE VIDA

Según Holdridge A., la zona de vida del ámbito de influencia del trabajo de investigación, basado en el promedio de temperatura de 10 años y precipitación anual de 640 mm, está considerada como Bosque húmedo montano sub tropical (bh-MS).

### 5.5 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

#### A. MATERIALES

##### 1. Material biológico

- Espinaca (*Spinacia oleracea L.*)

## **2. Soluciones nutritivas**

- Macronutrientes: Solución hidropónica A La Molina
- Micronutrientes: Solución hidropónica B La Molina

## **3. Materiales de campo**

- Agua de caño.
- Cajas impermeabilizadas con plástico.
- Etiquetas.
- Cajas almacigueras.
- Libreta de campo.
- Malla raschel al 80% de sombra.
- Plástico transparente.
- Depósitos de soluciones nutritivas
- Vasitos de plástico descartables.
- Esponjas de tela.
- Tecnopor de 1".
- Palos rollizos de eucalipto.
- Cintas de madera.
- Tacos de rollizos de eucalipto para soporte de cajas.

## **B. HERRAMIENTAS**

- Cinta métrica.
- Nivel de mano.
- Tijera.
- Alicata.

## **C. EQUIPOS**

### **1. Equipos de campo**

- Cámara fotográfica.
- Balanza de precisión.
- Termómetro de ambiente.
- pH metro.
- Reglas milimetradas.

### **2. Equipos de gabinete**

- Calculadora.
- Laptop.
- Impresora.
- Equipos de laboratorio de análisis de agua.
- Estufa.

## **5.6 METODOLOGÍA**

### **5.6.1. Diseño experimental**

Se adoptó un análisis estadístico de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 4A x 2B, 8 tratamientos, 3 repeticiones y total 24 unidades experimentales.

**a. Factores de estudio**

**A. Dosis de soluciones nutritivas**

- A5: 5 ml Solución nutritiva A más 2 ml Solución nutritiva B/l de agua.
- A7: 6 ml Solución nutritiva A más 3 ml Solución nutritiva B/l de agua.
- A9: 7 ml Solución nutritiva A más 4 ml Solución nutritiva B/l de agua.
- T: Sin soluciones nutritivas (testigo)

**B. Especies de espinaca**

▪ **V: Variedad Viroflay**

Presenta hojas anchas de color verde oscuro, de ciclo vegetativo corto. Puede empezar a cosecharse a los 45 ó 50 días de su siembra, estando en aprovechamiento mucho tiempo sin endurecerse. Muy apta para el transporte.

Forma de cultivo: Se siembra al voleo o en líneas, éstas últimas a una distancia de 30 a 40 cm, y de 10 a 15 cm entre plantas.

▪ **H: Híbrido DASH**

La semilla es Híbrido F-1. Resistente a la subida de flor, con hoja ovalada, resistente al mildiu.

Germina aproximadamente en: 10 - 12 días

Con una temperatura del suelo de: 8°C

Siembra directa: 3 g por m<sup>2</sup>. 1Ha = 30Kg

El peso de 100 Semillas es un gramo

Marco de plantación: 35x15 cm

**Fotografía N° 01. Variedad Viroflay (izquierda) y Híbrido Dash (derecha)**



**b. Tratamientos**

**Cuadro 05. Combinación de tratamientos**

N° Trat.	Combinación de tratamientos	Clave
1	5 ml Solución nutritiva A + 2 ml Solución nutritiva B/l de agua x Var. Viroflay	A5 / VV
2	6 ml Solución nutritiva A + 3 ml Solución nutritiva B/l de agua x Var. Viroflay	A6 / VV
3	7 ml Solución nutritiva A + 4 ml Solución nutritiva B/l de agua x Var. Viroflay	A7 / VV
4	Sin Soluciones nutritivas x Var. Viroflay	T / VV
5	5 ml Solución nutritiva A + 2 ml Solución nutritiva B/l de agua x Híbrido DASH	A5 / HD
6	6 ml Solución nutritiva A + 3 ml Solución nutritiva B/l de agua x Híbrido DASH	A6 / HD
7	7 ml Solución nutritiva A + 4 ml Solución nutritiva B/l de agua x Híbrido DASH	A7 / HD
8	Sin Soluciones nutritivas x Híbrido DASH	T / HD

### c. Variables e indicadores

#### 1. Rendimiento:

- Peso fresco de las hojas, en g/planta, Kg/caja, t/ha
- Número de hojas
- Materia seca de las hojas, en g/planta, Kg/caja, t/ha

#### 2. Comportamiento agronómico:

- Altura de planta, en cm
- Longitud de la hoja, en cm
- Ancho de la hoja, en cm
- Longitud del pecíolo, en cm

### 5.6.2 Características del campo experimental

#### Almaciguera:

Largo	2.0 m
Ancho	1.0 m
Área total	2.0 m <sup>2</sup>

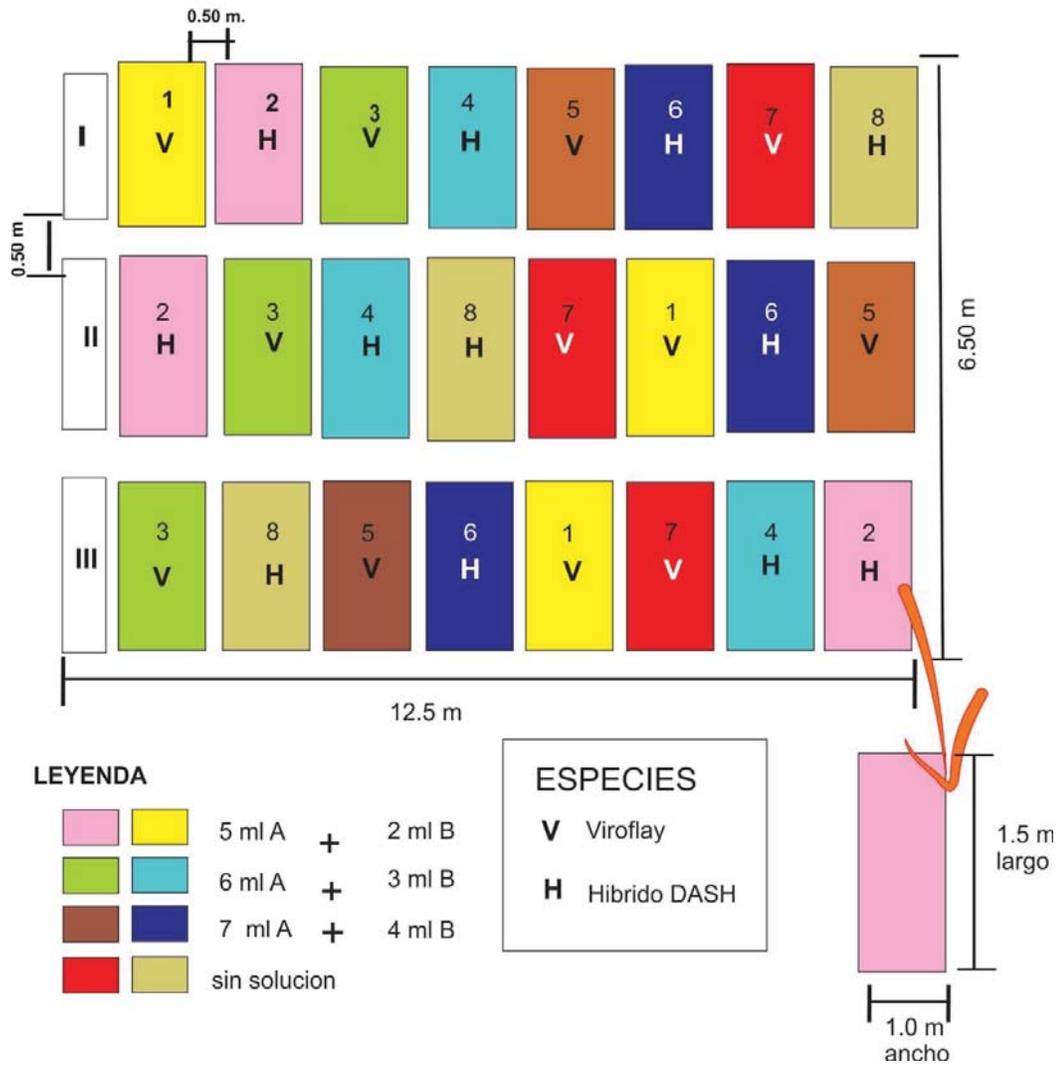
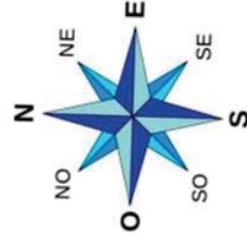
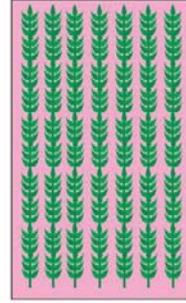
#### Campo definitivo:

Largo	12.50 m
Ancho	6.50 m
Área total	81.25 m <sup>2</sup>
Largo de la caja impermeabilizada	1.50 m
Ancho de la caja impermeabilizada	1.00 m

Área neta de la caja impermeabilizada	1.50 m <sup>2</sup>
Distancia entre bloques	0.50 m
Número de parcelas por bloque	8
Distancia entre plantas	15 cm
Número de plantas por tratamiento	70
Número de plantas por experimento	1,680
Número de plantas por especie	840
Número de plantas a evaluar por tratamiento	70

### 5.6.3 Croquis de distribución de parcelas experimentales

70 plantas por tratamiento



#### **5.6.4 Conducción de la investigación**

##### **a. Construcción de la cubierta**

A fin de que la conducción del cultivo se lleve en condiciones ambientales uniformes y controladas contra fuerte radiación solar, daño de animales y fuertes vientos, se construyó una cubierta con malla raschel al 80% de sombra, alambre galvanizado N°16, palos rollizos de eucalipto, a una altura de 2.50 a 3.00 m de altura y con ayuda de unas tachuelas se procedió a la construcción de la cubierta en forma de doble agua.

Las dimensiones de la construcción de la cubierta fueron de 12.50 m de largo, 6.50 m de ancho a una altura de 2.50 m.

##### **Fotografía N° 02. Cubierta de techo con malla raschel**



## b. Manejo del cultivo

### - Siembra

La siembra de espinaca se realizó en una almaciguera de 2.00 m de largo por 1.00 m de ancho, preparada a una profundidad de 0.20 m con sustratos mezclados de tierra agrícola y humus de lombriz. Al momento de la siembra de las semillas, la humedad del sustrato estuvo a capacidad de campo; al mismo se tapó con una capa delgada de hojas de totorilla (*Cyperus odoratus L.*). Y sobre este con malla raschel a 50 % de sombra, a fin de proteger de fuertes radiaciones solares y daño de animales como roedores y aves silvestres. Esta labor se llevó a cabo el 10 de setiembre del 2015.

Las semillas de las variedades de espinaca adquiridas de tiendas comerciales garantizadas de la ciudad del Cusco, germinaron a los 8 días en un 90% y a los 15 días al 100%.

### Fotografía N° 03. Siembra de semilla de espinaca en almacigo



- **Elaboración de cajas**

Se elaboraron cajas de madera de 1.50 m de largo por 1.00 m de ancho y 0.20 m de altura, sobre las que se cubrieron con plástico de color negro a fin de impermeabilizar todo el interior de la caja. Cada caja tuvo como soporte 4 rollizos de eucalipto de 12 cm de diámetro de grosor y 50 cm de altura todos ubicados y nivelados horizontalmente con pendiente cero.

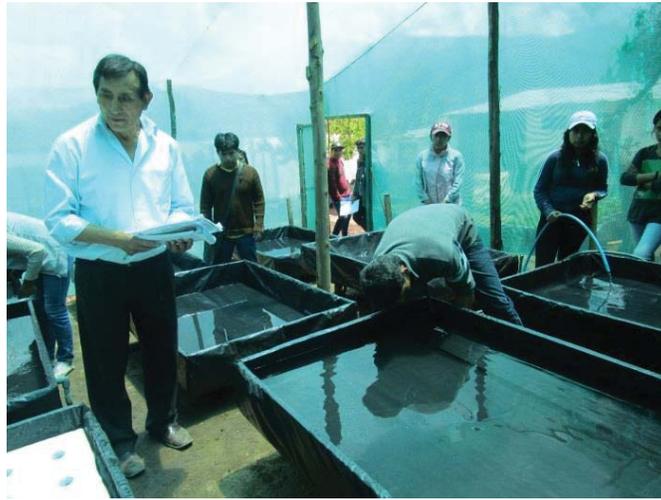
**Fotografía N° 04. Preparación de cajas impermeabilizadas**



- **Llenado de cajas con agua**

Con la ayuda de un envase milimetrado, se procedió al llenaron las cajas impermeabilizadas con agua limpia procedente de un caño libre de contaminantes. Un volumen de (1.5x1.0x0.15 m)  $0.225 \text{ m}^3$ , teniendo en consideración que las cintas de madera tienen una altura de 20 cm, las cuales no son llenadas hasta esta altura mencionada por lo que dificultaría las labores de manejo.

**Fotografía N° 05. Llenado de cajas impermeabilizadas con agua**



- **Mezcla de solución nutritiva**

En las cajas impermeabilizadas con contenido de agua limpia, se agregaron las soluciones nutritivas de macro y micronutrientes, según los tratamientos y croquis previamente establecidos. Los que luego se mezclaron manualmente a fin de uniformizar la solución o sustrato líquido (agua más nutriente).

Para la determinación de las dosis de soluciones nutritivas La Molina en la presente investigación, se basó a los cálculos de preparación de soluciones considerados por **Rodríguez, A. et al. (2001)**, donde para la solución concentrada A fue de 5 ml por litro de agua y solución concentrada B de 2 ml por litro de agua; y a partir de ellos se estimaron en forma creciente para encontrar efecto en esta hortaliza como es la espinaca.

**Fotografía N° 06. Incorporación de nutrientes y mezcla de la solución**



- **Preparación de soporte con tecnopor**

De acuerdo a las dimensiones de las cajas impermeabilizadas se cortaron las planchas de tecnopor de 1", y luego se hicieron agujeros con tubo de hojalata caliente de 4 cm de diámetro, a una distancia de 15 cm por lado. Con el tecnopor ya agujereados se taparon las cajas impermeabilizadas a fin de que sirva como soporte de las plantas.

**Fotografía N° 07. Colocación de tecnopor en cajas**



## - **Trasplante**

Cuando en el almácigo las plántulas de espinaca tuvieron una altura de 5 a 6 cm, se procedieron a retirar las plantitas lavando con agua limpia tanto la tierra como el humus adheridos a las raíces; luego con bastante delicadeza se envolvieron la zona del tallo y cuello de la raíz, con una tira de esponja de tela de 30 cm de largo x 3 cm de ancho que fueron colocadas inmediatamente dentro de un vasito de plástico descartable abierto en su base. Todo ello con la finalidad de dar soporte a las plantitas colocadas en los agujeros de las cajas impermeabilizadas y con raíces libres dentro del agua mezclada con soluciones nutritivas.

El trasplante en sistema hidropónico se llevó a cabo el 07 de octubre del 2015, es decir a los 27 días del almacigado.

### **Fotografía N° 08. Trasplante de plántulas de espinaca en cajas**



- **Complemento de agua con soluciones nutritivas**

Al cabo de un mes de trasplante se agregó la mezcla de agua con soluciones nutritivas haciendo un total de tres aplicaciones durante todo el periodo vegetativo de la espinaca. A fin de mantener el volumen inicial de esta mezcla, ya que las plantas a medida que van creciendo absorben mayor cantidad de mezcla, lo que ha permitido la continuidad en el desarrollo y crecimiento de la espinaca hidropónica.

- **Aireación**

La aireación es una de las actividades de mayor importancia para el éxito en el sistema de cultivo a raíz flotante, el cual consiste en batir con las manos la solución nutritiva, con el fin de redistribuir los elementos nutritivos por todo el líquido y oxigenar la solución. Sin ello, las raíces empiezan a oscurecerse y a limitar la absorción de nutrientes y agua; esta labor fue manualmente realizada por 3 veces al día (7, 12 y 17 horas).

**Fotografía N° 09. Oxigenación manual de cajas con solución nutritiva**



- **Evaluación de variables**

Todas las evaluaciones de las variables que se describen a continuación, se realizaron durante la cosecha cuando el cultivo de espinaca presentaba un estado fenológico de madurez comercial. Donde se cosecharon todas las plantas existentes en cada caja o tratamiento, para luego considerar los promedios por planta que responde a los indicadores previamente establecidos. La cosecha se realizó el 25 de diciembre del año 2015, a los 79 días del trasplante.

- A. Rendimiento**

- **Peso fresco de las hojas**

Con ayuda de un cuchillo se procedió a cortar las hojas separándolas de la raíz; que inmediatamente fueron pesadas en kilogramos por caja empleando una balanza. Después estos resultados se promediaron para obtener los datos en g/planta, que sirvieron para los análisis estadísticos; asimismo los resultados se interpretaron en Kg/caja y t/ha.

**Fotografía N° 10. Pesada del follaje fresco**



- **Número de hojas**

Después de separar las hojas en cada planta se procedió a contar el número de hojas; luego se calcularon los promedios del número de hojas por planta en cada tratamiento que sirvieron de base para los análisis estadísticos.

**Fotografía N° 11. Conteo del número de hojas de espinaca**



- **Peso de materia seca de las hojas**

Se tomaron las muestras con pesos promedios de hojas frescas de espinaca en g/planta, y éstas fueron llevadas al laboratorio del Centro de Investigación en Suelos y Abonos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, para su secado en estufa a 105°C por 24 horas, a fin de obtener el peso seco de las hojas en gramos por planta, y luego ser convertidos en kg/caja y t/ha.

## Fotografía N° 12. Pesada de hojas secas de espinaca en laboratorio



## B. Comportamiento agronómico

### - Altura de planta

Con la ayuda de una regla milimetrada, se midió el tamaño de la hoja más larga desde la inserción del peciolo con el cuello de la raíz, considerada como altura de planta. Para los análisis estadísticos se tomaron los datos promedio por tratamiento; siendo la unidad de medida utilizada para los cálculos estadísticos el centímetro.

## Fotografía N° 13. Medición de altura de planta con cinta métrica



- **Longitud de la hoja**

Se tomaron al azar un total de 10 hojas cosechadas por caja, luego se tomaron las medidas en centímetro desde la parte superior del pecíolo hasta el ápice terminal de cada hoja; para luego obtener el promedio de la longitud de hoja como efecto de cada tratamiento. Los promedios de la longitud de hoja por tratamiento fueron utilizados para los cálculos estadísticos.

**Fotografía N° 14. Medición de longitud de hoja de espinaca**



- **Ancho de la hoja**

Similar para hallar la longitud de la hoja se tomaron al azar un total de 10 hojas de espinaca cosechadas por caja, de los que se registraron las medidas en centímetro considerando la parte media de cada hoja. Cuyos promedios fueron tabulados para los respectivos análisis estadísticos por tratamiento.

**Fotografía N° 15. Medición del ancho de la hoja de espinaca**



**- Longitud del pecíolo**

Se registraron medidas en centímetros desde la parte basal del pecíolo hasta el punto de inserción de la hoja; para ello también se tomaron al azar 10 hojas con sus respectivos pecíolos. Luego se promediaron estos datos en centímetros para la respectiva medida de esta variable como indicador en los análisis estadísticos.

**Fotografía N° 16. Medición de longitud del peciolo de la hoja**



VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Cuadro 06: Peso fresco de las hojas (g/planta)

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	
B - I	80	110	76	35	190	203	180	90	964
B - II	74	105	75	40	185	205	179	89	952
B - III	76	105	74	39	180	201	178	86	939
Suma	230	320	225	114	555	609	537	265	2855
Prom.	76.67	106.67	75	38	185	203	179	88.33	118.96
Especie	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				
	Suma =	889			Suma =	1966			2855
	Prom. =	74.08			Prom. =	163.83			118.96
Dosis. Soluc. H.	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin Soluc. Hidrop.					
	Suma =	785	929	379	Suma =	762	379	63.17	2855
	Prom. =	130.83	154.83	63.17	Prom. =	127	63.17	63.17	118.96

**Cuadro 07: ANVA para peso fresco de las hojas (g/planta)**

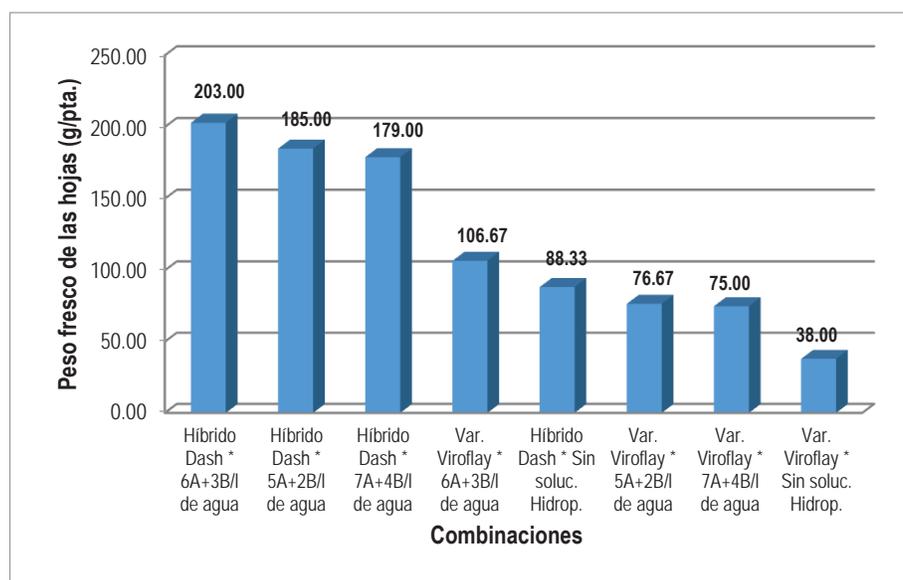
F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	39.08	19.54	3.38	3.740	6.510	NS. NS
<b>Tratamientos</b>	07	79180.96	11311.57	1957.10	2.760	4.280	**
Especie	01	48330.38	48330.38	8362.00	4.600	8.860	**
<b>Dosis Soluc.</b>							
<b>Hidropónica</b>	03	27632.46	9210.82	1593.63	3.340	5.560	**
<b>Esp . * Soluc. Hid.</b>	03	3218.13	1072.71	185.60	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	80.92	5.78				
<b>Total</b>	23	79300.96	<b>CV =</b>	<b>2.02%</b>			

Del cuadro 07 del ANVA para peso fresco de las hojas se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.02% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies, dosis de soluciones nutritivas e interacción de especies por dosis.

**Cuadro 08: Tukey de combinaciones para peso fresco de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Combinaciones	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	203.00	a	a
2	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	185.00	b	b
3	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	179.00	b	b
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	106.67	c	c
5	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	88.33	d	d
6	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	76.67	e	e
7	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	75.00	e	e
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	38.00	f	f
		ALS <sub>5%</sub> = 6.93	ALS <sub>1%</sub> = 8.69	

**Gráfico 01: Combinaciones para peso fresco de las hojas (g/planta)**



Del cuadro 08 de Prueba de Tukey de combinaciones para peso fresco de las hojas y gráfico 01 se desprende, el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 203.00 g/planta ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución Hidropónica., con 38.00 g/planta ocupó el último lugar; y



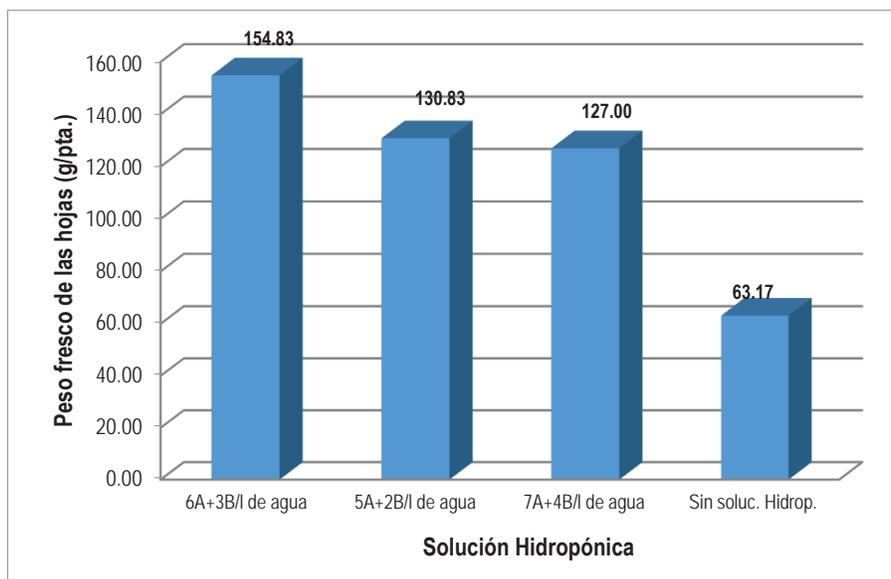
es superior a la variedad Viroflay con sólo 74.08 g/planta. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 10: Prueba Tukey de Solución hidropónica para peso fresco de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	154.83	a	a
2	5A+2B/l de agua	130.83	b	b
3	7A+4B/l de agua	127.00	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	63.17	c	c

ALS<sub>5%</sub>= 4.03                      ALS<sub>1%</sub>= 5.22

**Gráfico 03: Solución hidropónica para peso fresco de las hojas (g/planta)**



Del cuadro 10 de Prueba Tukey y gráfico 03 de dosis de soluciones hidropónicas para peso fresco de las hojas, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 154.83 g/planta es superior a la dosis sin solución Hidropónica con sólo 63.17 g/planta que ocupa el último lugar. Se debe esta

superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 11: Ordenamiento para peso fresco de las hojas (g/planta)**

Soluc. Hidropónica		5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol. hidropó.	Total
Especie		de agua	de agua	de agua		
Especie	Suma	230.00	320.00	225.00	114.00	889.00
Viroflay	Prom.	76.67	106.67	75.00	38.00	
Híbrido Dash	Suma	555.00	609.00	537.00	265.00	1,966.00
	Prom.	185.00	203.00	179.00	88.33	
		785.00	929.00	762.00	379.00	2,855.00

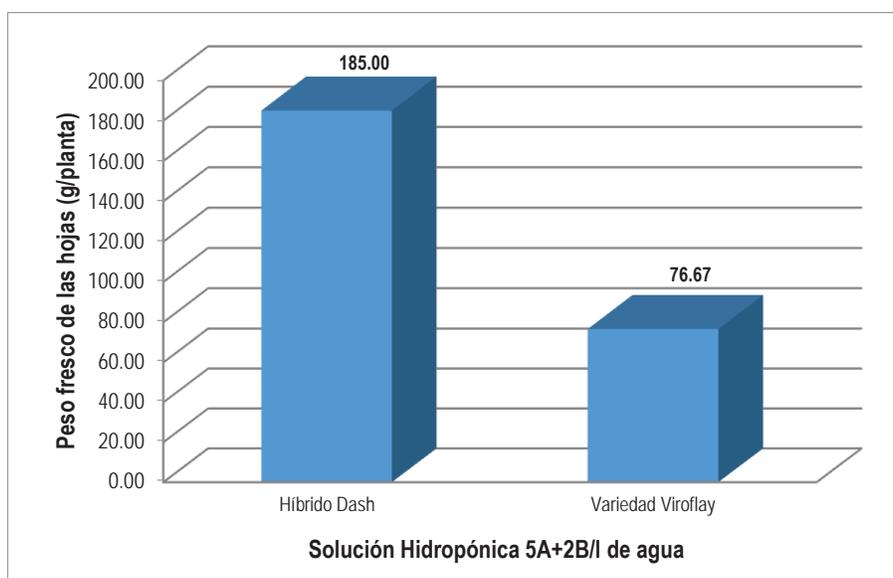
**Cuadro 12: ANVA auxiliar Esp. X Soluc. hidrop. Para peso fresco de las hojas (g/planta)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Esp. en 5A+2B/l de agua	01	17,604.17	17,604.17	3,045.829	4.60000	8.86000	**
Esp. en 6A+3B/l de agua	01	13,920.17	13,920.17	2,408.433	4.60000	8.86000	**
Esp. en 7A+4B/l de agua	01	16,224.00	16,224.00	2,807.036	4.60000	8.86000	**
Esp. en Sin soluc. hidrop.	01	3,800.17	3,800.17	657.495	4.60000	8.86000	**
Error	14	80.92	5.78				

**Cuadro 13: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en Especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	Híbrido Dash
2	Variedad Viroflay	76.67	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 4.21	ALS <sub>1%</sub> = 5.84	

**Gráfico 04: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

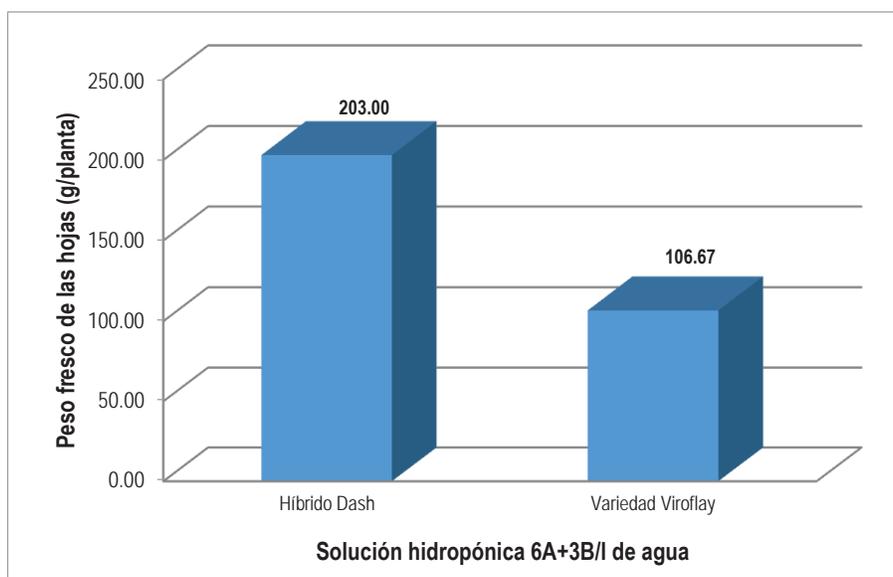


Del cuadro 13 de Prueba Tukey y gráfico 04 de dosis de 5 ml A+2ml B/litro de agua en especie para peso fresco de las hojas, se desprende que el híbrido Dash con 185.00 g/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 76.67 g/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 14: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	203.00	a	a
2	Variedad Viroflay	106.67	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 4.21	ALS <sub>1%</sub> = 5.84	

**Gráfico 05: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

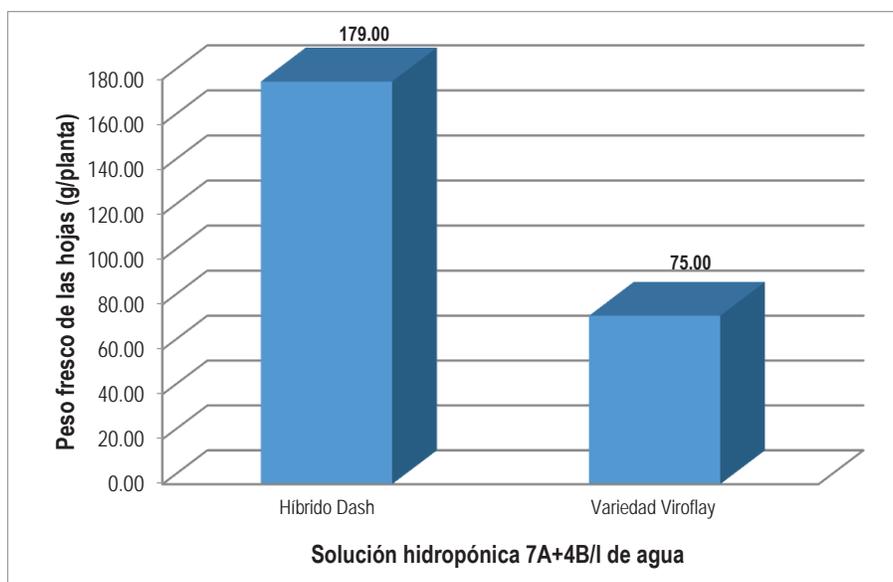


Del cuadro 14 de Prueba Tukey y gráfico 05 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para peso fresco de las hojas, se desprende que el híbrido Dash con 203.00 g/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 106.67 g/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 15: Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	179.00	a	a
2	Variedad Viroflay	75.00	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 4.21			ALS <sub>1%</sub> = 5.84	

**Gráfico 06: Solución 7A+4B/l de agua en especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**



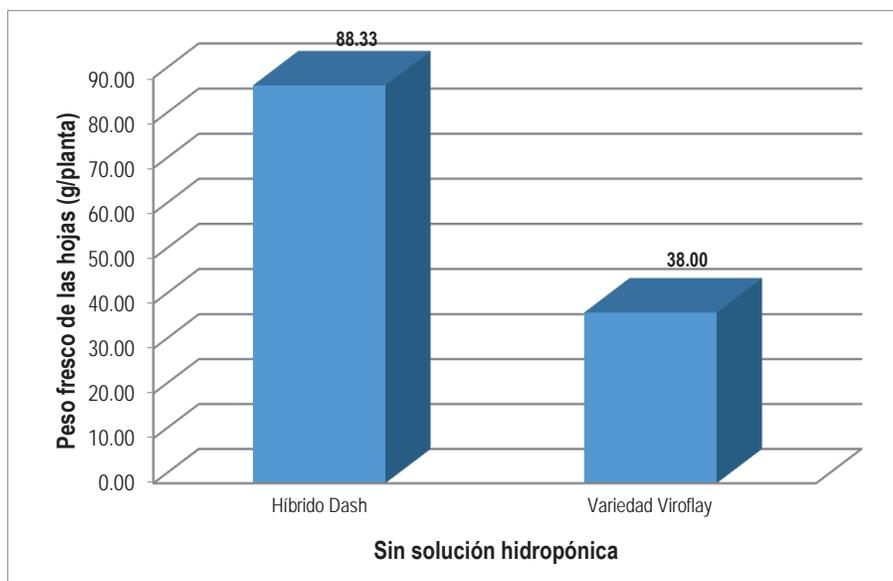
Del cuadro 15 de Prueba Tukey y gráfico 06 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especies para peso fresco de las hojas, se desprende que el híbrido Dash con 179.00 g/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 75.00 g/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 16: Prueba Tukey Sin Soluc. Hidrop. En especie para peso fresco de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Sin Solución Hidropónica	Peso fres. de hojas (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	88.33	a	a
2	Variedad Viroflay	38.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 4.21	ALS <sub>1%</sub> = 5.84	

**Gráfico 07: Sin Solución Hidrop. En especie para peso fresco de las hojas**

**(g/planta)**



Del cuadro 16 de Prueba Tukey y gráfico 07 de tratamiento sin solución hidropónica en especies para peso fresco de las hojas, se desprende que el híbrido Dash con 88.33 g/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 38.00 g/planta. Esta superioridad se debe exclusivamente a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 17: Número de hojas por planta**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	
B - I	19	24	18	11	28	33	27	15	175
B - II	20	25	19	12	27	32	26	15	176
B - III	18	23	17	10	29	34	28	16	175
<b>Suma</b>	57	72	54	33	84	99	81	46	526
<b>Prom.</b>	19	24	18	11	28	33	27	15.33	21.92
<b>Especie</b>	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				526
	Suma = 216 Prom. = 18				Suma = 310 Prom. = 25.83				21.92
<b>Dosis.Soluc. H.</b>	5A+2B// de agua		6A+3B// de agua		7A+4B// de agua		Sin Soluc. Hidrop.		526
	Suma = 141 Prom. = 23.5		Suma = 171 Prom. = 28.5		Suma = 135 Prom. = 22.5		Suma = 79 Prom. = 13.17		21.92

**Cuadro 18: ANVA para número de hojas por planta**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	0.08	0.04	0.04	0.0254	0.0050	NS. NS.
<b>Tratamientos</b>	07	1129.17	161.31	154.86	2.7600	4.2800	**
<b>Especie</b>	01	368.17	368.17	353.44	4.6000	8.8600	**
<b>Soluc.</b>							
<b>Hidropónica</b>	03	736.50	245.50	235.68	3.3400	5.5600	**
<b>Var. * Soluc. Hid.</b>	03	24.50	8.17	7.84	3.3400	5.5600	**
<b>Error</b>	14	14.58	1.04				
<b>Total</b>	23	1143.83	<b>CV =</b>	<b>4.66%</b>			

Del cuadro 18 del ANVA para número de hojas por planta, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 4.66% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especie, dosis de soluciones nutritivas e interacción especie por dosis.

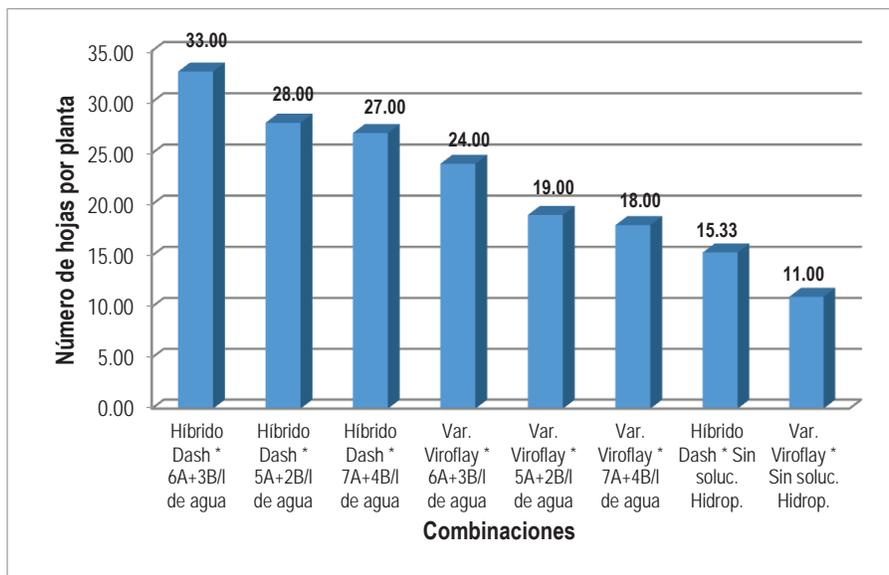
**Cuadro 19: Tukey de combinaciones para número de hojas por planta**

N° de Orden	Combinaciones	N° de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	33.00	a	a
2	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	28.00	b	b
3	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	27.00	b	b c
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	24.00	c	c
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	19.00	d	d
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	18.00	d e	d
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	15.33	e	d
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	11.00	f	e
		ALS <sub>5%</sub> = 2.94	ALS <sub>1%</sub> = 3.69	

**Cuadro 19: Tukey de combinaciones para número de hojas por planta**

N° de Orden	Combinaciones	N° de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	33.00	a	a
2	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	28.00	b	b
3	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	27.00	b	b c
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	24.00	c	c
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	19.00	d	d
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	18.00	d e	d
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	15.33	e	d
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	11.00	f	e
		ALS <sub>5%</sub> = 2.94	ALS <sub>1%</sub> = 3.69	

**Gráfico 08: Combinaciones para número de hojas por planta**

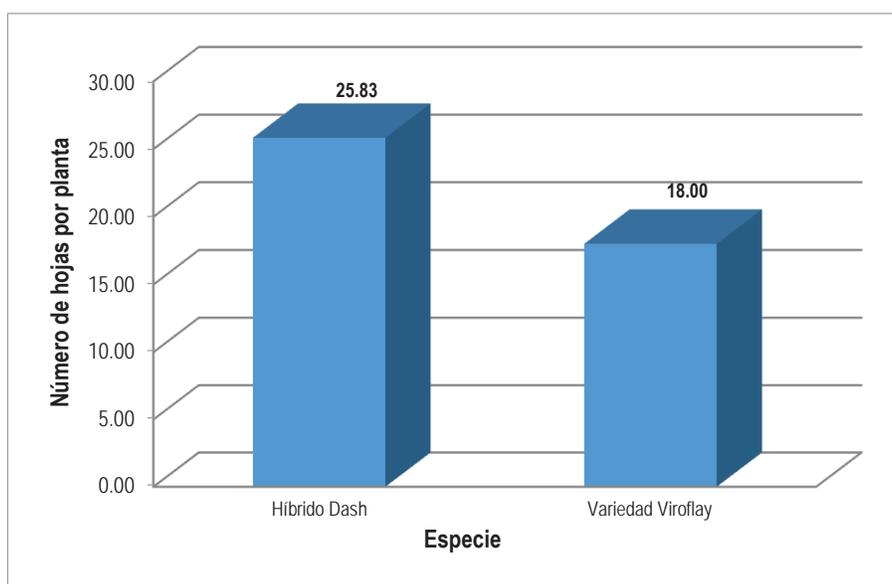


Del cuadro 19 de Prueba de Tukey de combinaciones para número de hojas y gráfico 08 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 33.00 hojas/planta ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución hidropónica, con sólo 11.00 hojas/planta ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a que las dosis promedio recomendadas por la UNA La Molina de 5 ml de solución A/l de agua y 2 ml de solución B/l de agua, no fueron suficientes para producción hidropónica de hojas de espinaca en condiciones de K'ayra, tampoco las dosis muy altas fueron las más satisfactorias.

**Cuadro 20: Prueba Tukey especie de espinaca para número de hojas por planta**

Nº de Orden	Especie de Espinaca	Nº de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	25.83	a	a
2	Variedad Viroflay	18.00	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 0.89		ALS <sub>1%</sub> =	1.24	

**Gráfico 09: Especie de espinaca para número de hojas por planta**



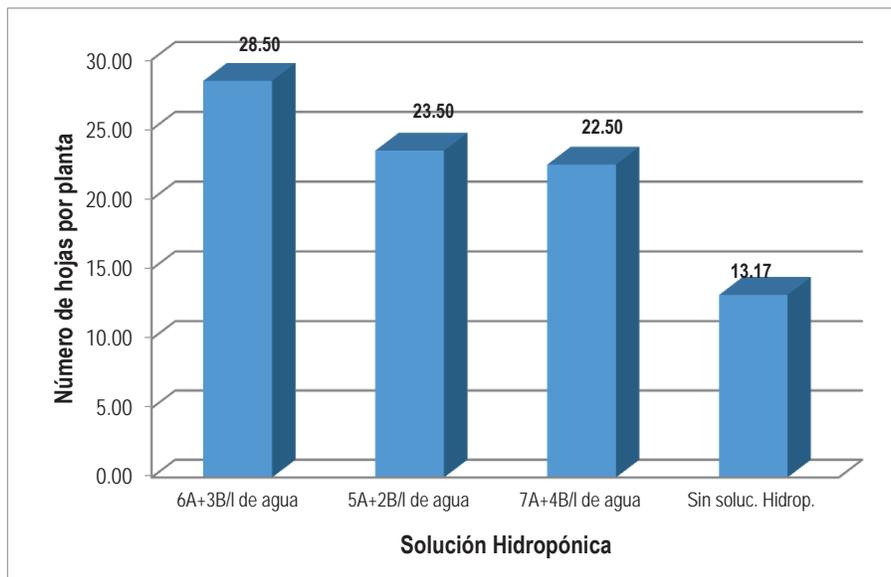
Del cuadro 20 de Prueba Tukey y gráfico 09 de especie de espinaca para número de hojas por planta, se desprende que el Híbrido Dash con 25.83 hojas/planta es superior a la variedad Viroflay con sólo 18.00 hojas/planta. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 21: Prueba Tukey de Solución hidropónica para número de hojas por planta**

Nº de Orden	Solución Hidropónica	Nº de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	28.50	a	a
2	5A+2B/l de agua	23.50	b	b
3	7A+4B/l de agua	22.50	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	13.17	c	c

ALS<sub>5%</sub>= 1.71                      ALS<sub>1%</sub>= 2.22

**Gráfico 10: Solución hidropónica para número de hojas por planta**



Del cuadro 21 de Prueba Tukey y gráfico 10 de dosis de soluciones hidropónicas para número de hojas por planta, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 28.50 hojas/planta es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 13.17 g/planta que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo

**Cuadro 22: Ordenamiento para número de hojas por planta**

Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie Viroflay	Suma	57.00	72.00	54.00	33.00	216.00
	Prom.	19.00	24.00	18.00	11.00	
Híbrido Dash	Suma	84.00	99.00	81.00	46.00	310.00
	Prom.	28.00	33.00	27.00	15.33	
		141.00	171.00	135.00	79.00	526.00

**Cuadro 23: ANVA auxiliar Esp. x Soluc. hidrop. para número de hojas por planta**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Esp. en 5A+2B/l de agua	01	121.50	121.50	116.640	4.60000	8.86000	**
Esp. en 6A+3B/l de agua	01	121.50	121.50	116.640	4.60000	8.86000	**
Esp. en 7A+4B/l de agua	01	121.50	121.50	116.640	4.60000	8.86000	**
Esp. en Sin soluc. hidrop.	01	28.17	28.17	27.040	4.60000	8.86000	**
Error	14	14.58	1.04				

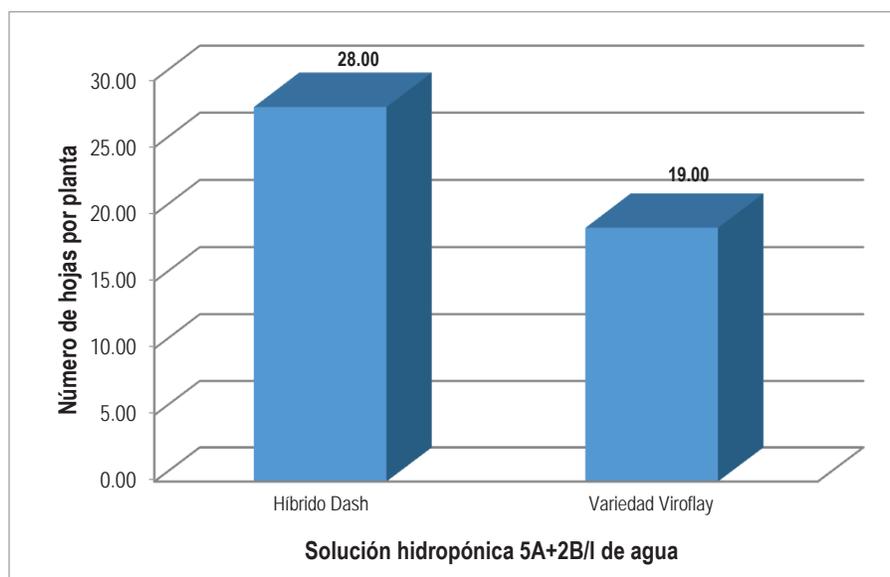
**Cuadro 24: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para número de hojas por planta**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Nº de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	28.00	a	a
2	Variedad Viroflay	19.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.79

ALS<sub>1%</sub>= 2.48

**Gráfico 11: Solución hidropónica para número de hojas por planta**

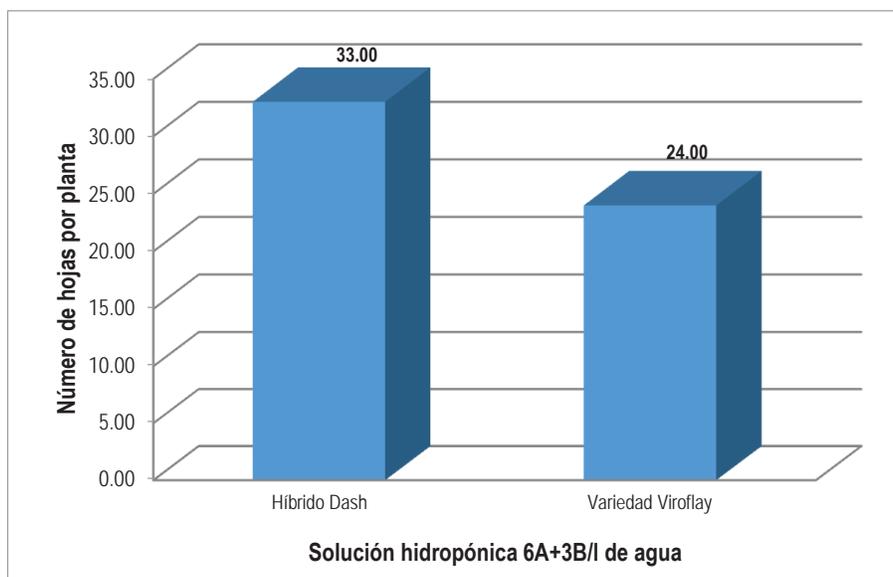


Del cuadro 24 de Prueba Tukey y gráfico 11 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para peso fresco de las hojas, se desprende que el híbrido Dash con 28.00 hojas/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 19.00 hojas/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida

**Cuadro 25: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para número de hojas por planta**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Nº de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	33.00	a	a
2	Variedad Viroflay	24.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.79	ALS <sub>1%</sub> = 2.48	

**Gráfico 12: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para número de hojas por planta**

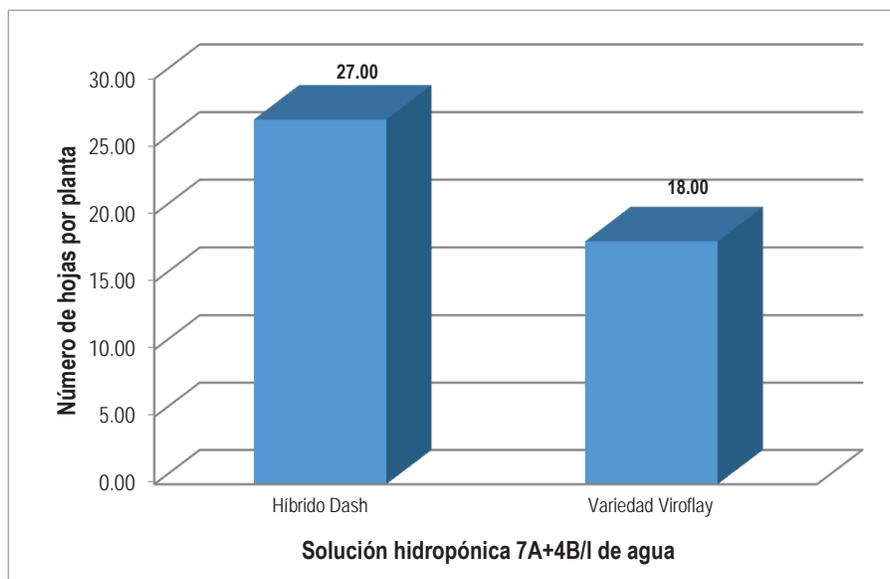


Del cuadro 25 de Prueba Tukey y gráfico 12 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para número de hojas por planta, se desprende que el híbrido Dash con 33.00 hojas/planta es superior a la variedad Viroflay con sólo 24.00 hojas/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 26. Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para número de hojas por planta**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Nº de hojas por planta	Significación de	
			Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	27.00	a	a
2	Variedad Viroflay	18.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.79	ALS <sub>1%</sub> = 2.48	

**Gráfico 13: Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua en especie para número de hojas por planta**



Del cuadro 26 de Prueba Tukey y gráfico 13 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especies para número de hojas por planta, se desprende que el híbrido Dash con 27.00 plantas/planta es superior a la variedad Viroflay con sólo 18.00 g/planta. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

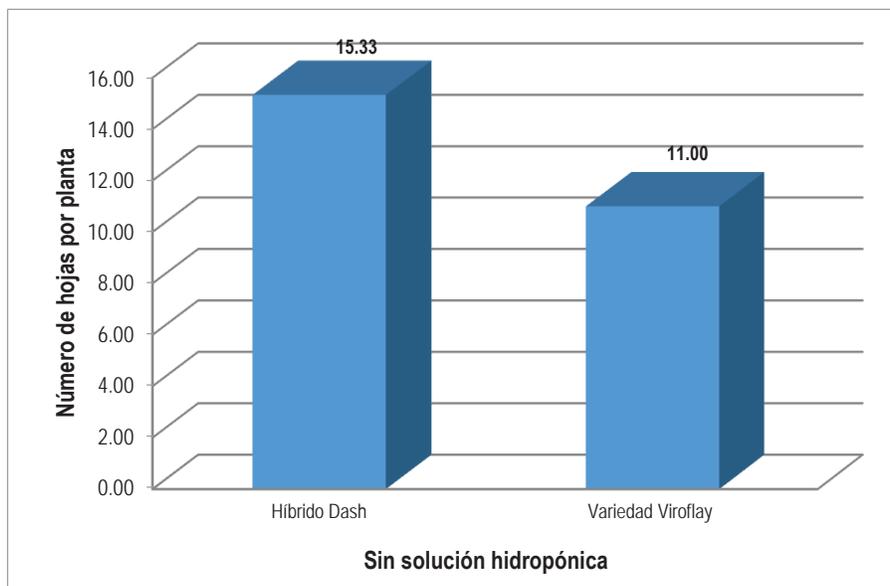
**Cuadro 27: Prueba Tukey Sin Soluc. Hidrop. En especie para número de hojas por planta**

N° de Orden	Sin Solución Hidropónica	N° de hojas por planta	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	15.33	a	a
2	Variedad Viroflay	11.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.79

ALS<sub>1%</sub>= 2.48

**Gráfico 13: Sin Solución Hidrop. en especie para número de hojas por planta**



Del cuadro 27 de Prueba Tukey y gráfico 13 de tratamiento sin solución hidropónica en especies para número de hojas, se desprende que el híbrido Dash con 15.33 hojas/planta es superior a la variedad Virofaly con sólo 11.00 hojas/planta. Esta superioridad se debe exclusivamente a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 28: Materia seca de las hojas (g/planta)**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	
<b>B - I</b>	18.50	38.80	4.80	3.00	15.20	50.00	4.25	3.20	137.75
<b>B - II</b>	18.00	36.00	4.50	3.10	14.90	48.00	4.10	3.10	131.70
<b>B - III</b>	17.00	37.40	4.60	2.90	15.00	49.00	4.20	3.15	133.25
<b>Suma</b>	53.50	112.20	13.90	9.00	45.10	147.00	12.55	9.45	402.70
<b>Prom.</b>	17.83	37.40	4.63	3.00	15.03	49.00	4.18	3.15	16.78
<b>Especie</b>	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				
	Suma =	188.60			Suma =	214.10			402.70
	Prom. =	15.72			Prom. =	17.84			16.78
<b>Dosis Soluc. H.</b>	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua		5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua		
	Suma =	98.60	Suma =	259.20	Suma =	26.45	Suma =	18.45	402.70
	Prom. =	16.43	Prom. =	43.20	Prom. =	4.41	Prom. =	3.08	16.78

**Cuadro 29: ANVA para materia seca de las hojas (g/planta)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	2.47	1.23	3.64	3.740	6.510	NS. NS.
<b>Combinaciones</b>	07	6448.07	921.15	2716.29	2.760	4.280	**
<b>Especie</b>	01	27.09	27.09	79.89	4.600	8.860	**
<b>Soluc. Hidropónica</b>	03	6234.13	2078.04	6127.72	3.340	5.560	**
<b>Var. * Soluc. Hid.</b>	03	186.84	62.28	183.65	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	4.75	0.34				
<b>Total</b>	23	6455.28	<b>CV =</b>	<b>3.47%</b>			

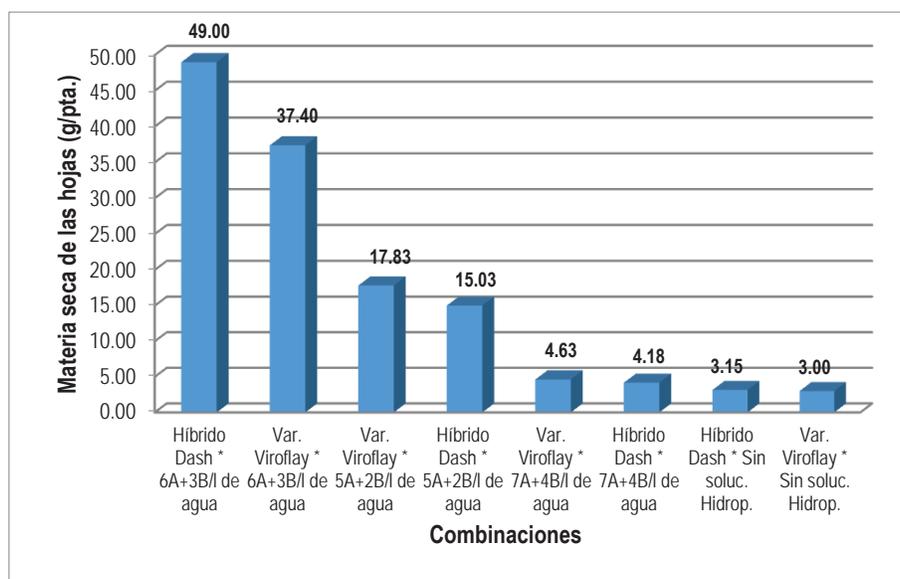
Del cuadro 29 del ANVA para materia seca de las hojas, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 3.47% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies, dosis de soluciones nutritivas e interacción especie por dosis.

**Cuadro 30: Prueba Tukey de combinaciones para materia seca de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Combinaciones	Materia seca hoja (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua
2	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	37.40	b	b
3	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	17.83	c	c
4	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	15.03	d	d
5	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	4.63	e	e
6	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	4.18	e	e
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	3.15	e	e
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	3.00	e	e

ALS<sub>5%</sub>= 1.68                      ALS<sub>1%</sub>= 2.10

**Gráfico 14: Combinaciones para materia seca de las hojas (g/planta)**



Del cuadro 30 de Prueba de Tukey de combinaciones para materia seca de las hojas y gráfico 14 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 49.00 g/planta ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución Hidropónica., con sólo 3.00 g/planta ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a que las dosis promedio recomendadas por la UNA La Molina de 5 ml de solución A/l de agua y 2 ml de solución B/l de agua, no fueron suficientes para producción hidropónica de hojas de espinaca en condiciones de K'ayra, tampoco las dosis muy altas fueron las más satisfactorias.

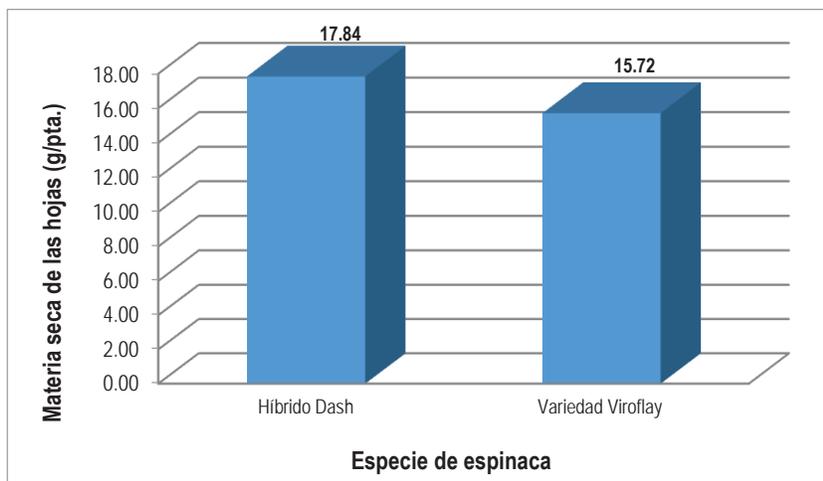
**Cuadro 35: Prueba Tukey especie de espinaca para materia seca de las hojas (g/planta)**

Nº de Orden	Especie de Espinaca	Materia seca hoja (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	17.84	a	a
2	Variedad Viroflay	15.72	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 0.51

ALS<sub>1%</sub>= 0.71

**Gráfico 15: Especies de espinaca para materia seca de las hojas (g/planta)**



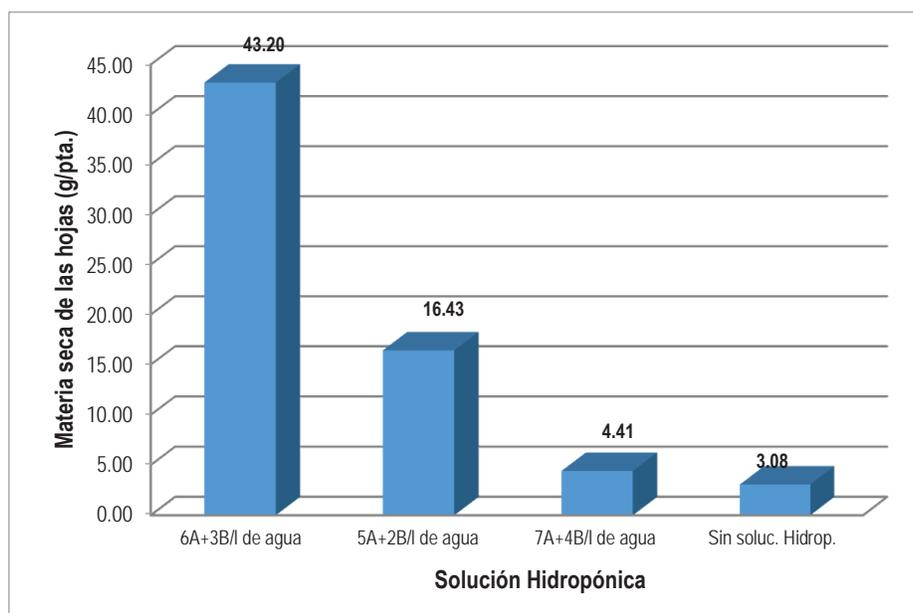
Del cuadro 35 de Prueba Tukey y gráfico 15 de especie de espinaca para materia seca de las hojas, se desprende que el Híbrido Dash con 17.84 g/planta es superior a la variedad Viroflay con sólo 15.72 g/planta. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 36: Prueba Tukey de Solución hidropónica para materia seca de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Materia seca hoja (g/planta)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	6A+3B/l de agua
2	5A+2B/l de agua	16.43	b	b
3	7A+4B/l de agua	4.41	c	c
4	Sin soluc. Hidrop.	3.08	d	d

ALS<sub>5%</sub>= 0.98                      ALS<sub>1%</sub>= 1.26

**Gráfico 16: Solución hidropónica para materia seca de las hojas (g/planta)**



Del cuadro 36 de Prueba Tukey y gráfico 16 de dosis de soluciones hidropónicas para materia seca de las hojas, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 43.20 g/planta es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 3.08 g/planta que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 37: Ordenamiento para materia seca de las hojas (g/planta)**

Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie Viroflay	Suma	53.50	112.20	13.90	9.00	188.60
	Prom.	17.83	37.40	4.63	3.00	
Híbrido Dash	Suma	45.10	147.00	12.55	9.45	214.10
	Prom.	15.03	49.00	4.18	3.15	
		98.60	259.20	26.45	18.45	402.70

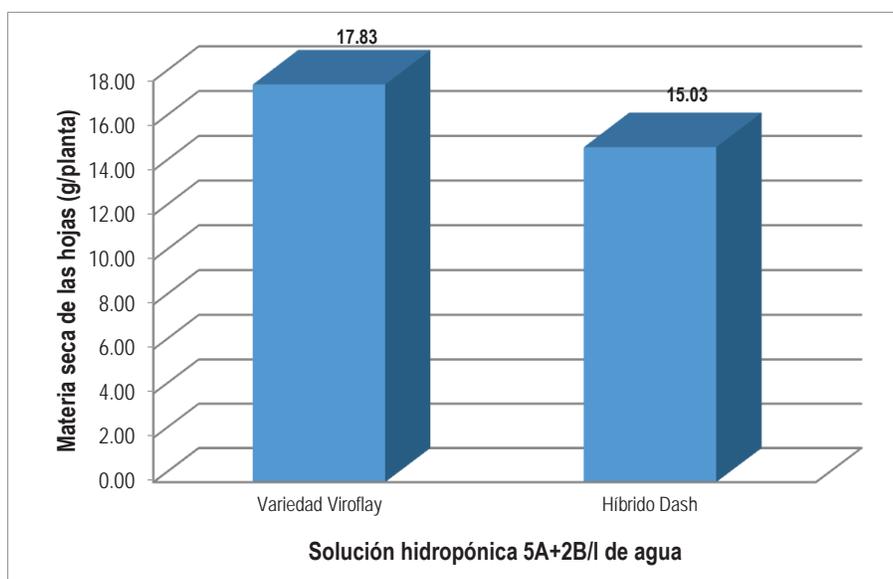
**Cuadro 38: ANVA auxiliar Esp. X Soluc. hidrop. Para materia seca de las hojas (g/planta)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Esp. en 5A+2B/l de agua	01	11.76	11.76	34.678	4.600000	8.860000	**
Esp. en 6A+3B/l de agua	01	201.84	201.84	595.184	4.600000	8.860000	**
Esp. en 7A+4B/l de agua	01	0.30	0.30	0.896	0.001000	0.000041	NS. NS.
Esp. en Sin soluc. hidrop.	01	0.03	0.03	0.100	0.001000	0.000041	NS. NS.
Error	14	4.75	0.34				

**Cuadro 39: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para materia seca de las hojas (g/planta)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Materia seca hoja (g/planta)	Significación de	
			Tukey	
			5%	1%
1	Variedad Viroflay	17.83	a	a
2	Híbrido Dash	15.03	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 1.02		ALS <sub>1%</sub> = 1.42		

**Gráfico 17: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para materia seca de las hojas (g/planta)**



Del cuadro 39 de Prueba Tukey y gráfico 17 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para materia seca de las hojas, se desprende que variedad Viroflay con 17.83 g/planta es superior al híbrido Dash con sólo 15.03 g/planta. Esta superioridad se debe a la reducida cantidad de agua en la especie respecto al híbrido.

**Cuadro 40: Altura de planta (cm)**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	
<b>B - I</b>	27.00	34.00	26.00	13.00	35.00	43.00	34.00	16.00	228.00
<b>B - II</b>	28.00	35.00	27.00	13.00	33.00	41.00	32.00	15.00	224.00
<b>B - III</b>	26.00	33.00	25.00	12.00	34.00	42.00	33.00	16.00	221.00
<b>Suma</b>	81.00	102.00	78.00	38.00	102.00	126.00	99.00	47.00	673.00
<b>Prom.</b>	27.00	34.00	26.00	12.67	34.00	42.00	33.00	15.67	28.04
<b>Especie</b>	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				
	Suma = 299.00 Prom. = 24.92				Suma = 374.00 Prom. = 31.17				673.00 28.04
<b>Dosis Soluc. H.</b>	5A+2B/l de agua		6A+3B/l de agua		7A+4B/l de agua		Sin Soluc. Hidrop.		
	Suma = 183.00 Prom. = 30.50		Suma = 228.00 Prom. = 38.00		Suma = 177.00 Prom. = 29.50		Suma = 85.00 Prom. = 14.17		673.00 28.04

**Cuadro 41: ANVA para altura de planta (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	3.08	1.54	2.11	3.740	6.510	NS. NS.
<b>Combinaciones</b>	07	2055.63	293.66	401.10	2.760	4.280	**
<b>Especie</b>	01	234.38	234.38	320.12	4.600	8.860	**
<b>Soluc. Hidropónica</b>	03	1799.13	599.71	819.11	3.340	5.560	**
<b>Var. * Soluc. Hid.</b>	03	22.13	7.38	10.07	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	10.25	0.73				
<b>Total</b>	23	2068.96	<b>CV = 3.05%</b>				

Del cuadro 41 del ANVA para altura de planta, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 3.05% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies, dosis de soluciones nutritivas e interacción por dosis.

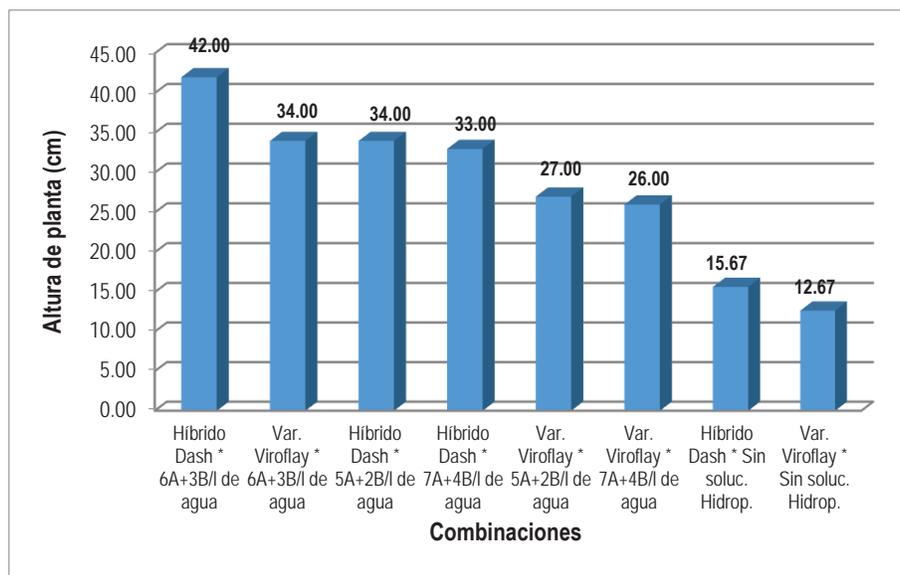
**Cuadro 42: Prueba Tukey de combinaciones para altura de planta (cm)**

N° de Orden	Combinaciones	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	42.00	a	a
2	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	34.00	b	b
3	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	34.00	b	b
4	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	33.00	b	b
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	27.00	c	c
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	26.00	c	c
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	15.67	d	d
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	12.67	e	e

ALS<sub>5%</sub>= 2.47

ALS<sub>1%</sub>= 3.09

**Gráfico 20: Combinaciones para altura de planta (cm)**



Del cuadro 42 de Prueba de Tukey de combinaciones para altura de planta y gráfico 20 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 42.00 cm ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución hidropónica, con sólo 12.67 cm ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a que las dosis promedio recomendadas por la UNA La Molina de 5 ml de solución A/l de agua y 2 ml de solución B/l de agua, no fueron suficientes para producción hidropónica de hojas de espinaca en condiciones de K'ayra, tampoco las dosis muy altas fueron las más satisfactorias.

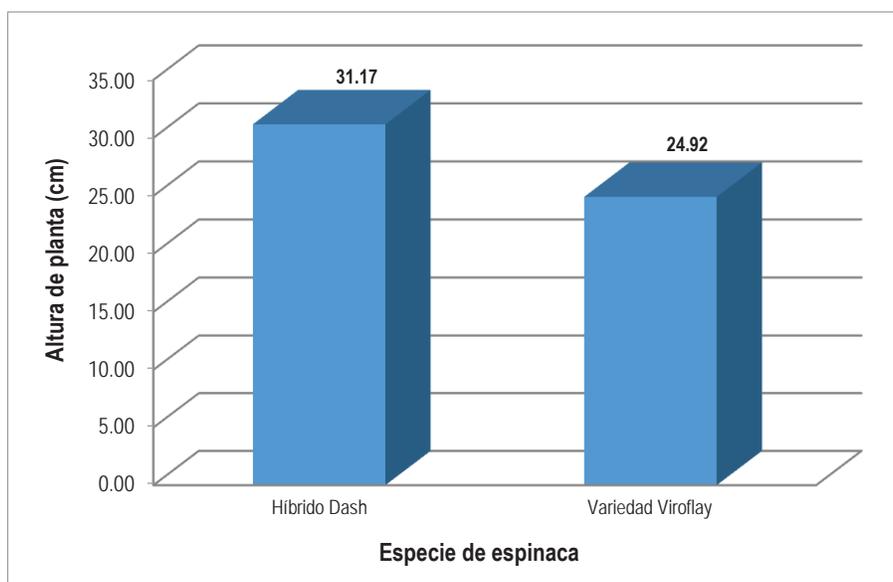
**Cuadro 43: Prueba Tukey especie de espinaca para altura de planta (cm)**

N° de Orden	Especie de Espinaca	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	31.17	a	a
2	Variedad Viroflay	24.92	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 0.75

ALS<sub>1%</sub>= 1.04

**Gráfico 21: Especies de espinaca para altura de planta (cm)**



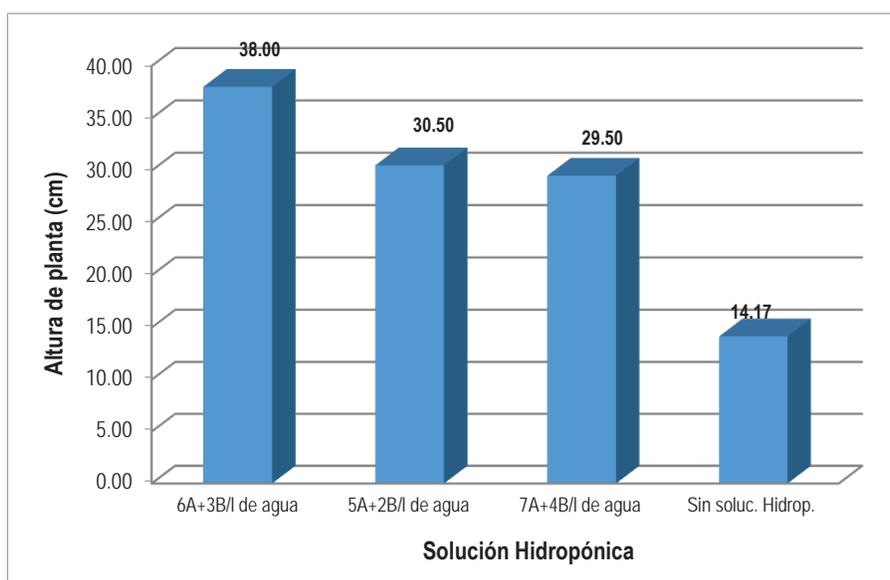
Del cuadro 43 de Prueba Tukey y gráfico 21 de especie de espinaca para altura de planta, se desprende que el Híbrido Dash con 31.17 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 24.92 cm. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 44: Prueba Tukey de Solución hidropónica para altura de planta (cm)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	38.00	a	a
2	5A+2B/l de agua	30.50	b	b
3	7A+4B/l de agua	29.50	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	14.17	c	c

ALS<sub>5%</sub>= 1.44                      ALS<sub>1%</sub>= 1.86

**Gráfico 22: Solución hidropónica para altura de planta (cm)**



Del cuadro 44 de Prueba Tukey y gráfico 22 de dosis de soluciones hidropónicas para altura de planta, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 38.00 cm es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 14.17 cm que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 45: Ordenamiento para altura de planta (cm)**

Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie	Suma	81.00	102.00	78.00	38.00	299.00
Viroflay	Prom.	27.00	34.00	26.00	12.67	
Híbrido Dash	Suma	102.00	126.00	99.00	47.00	374.00
	Prom.	34.00	42.00	33.00	15.67	
		183.00	228.00	177.00	85.00	673.00

**Cuadro 46: ANVA auxiliar Esp. X Soluc. hidrop. Para altura de planta (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Esp. en 5A+2B/l de agua	1	73.5	73.5	100.39	4.6	8.86	**
Esp. en 6A+3B/l de agua	1	96	96	131.122	4.6	8.86	**
Esp. en 7A+4B/l de agua	1	73.5	73.5	100.39	4.6	8.86	**
Esp. en Sin soluc. hidrop.	1	13.5	13.5	18.439	4.6	8.86	**
Error	14	10.25	0.73				

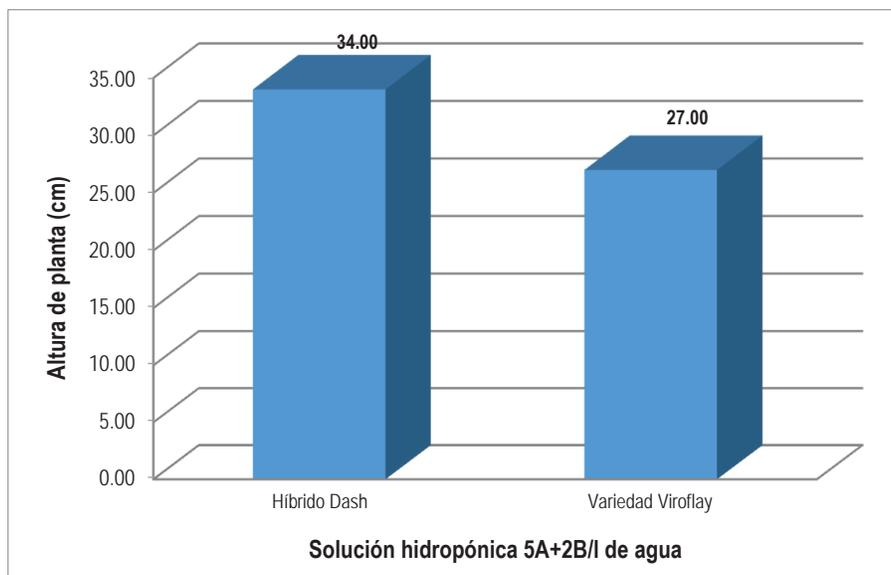
**Cuadro 47: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	Híbrido Dash
2	Variedad Viroflay	27.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.50

ALS<sub>1%</sub>= 2.08

**Gráfico 23: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**



Del cuadro 47 de Prueba Tukey y gráfico 23 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para altura de planta, se desprende que el híbrido Dash con 34.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 27.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas del híbrido.

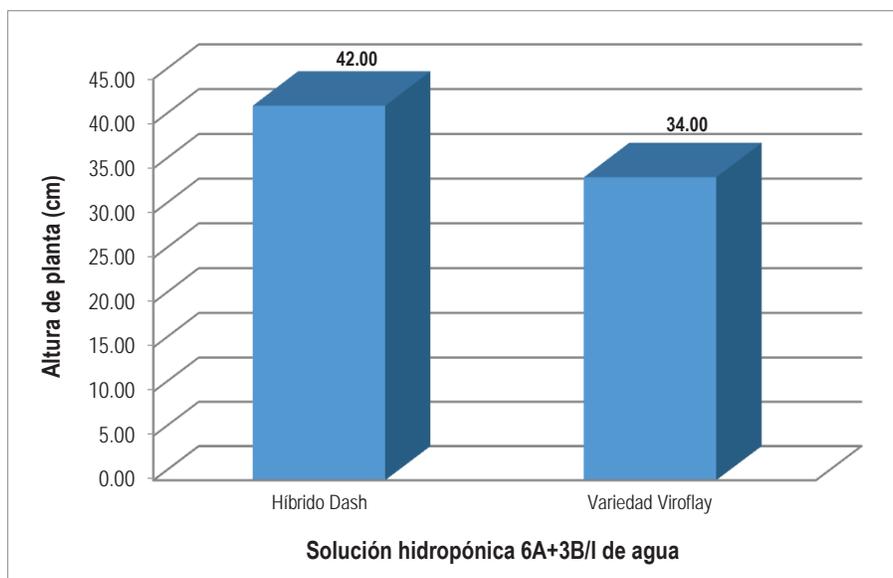
**Cuadro 48: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	42.00	a	a
2	Variedad Viroflay	34.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.50

ALS<sub>1%</sub>= 2.08

**Gráfico 24: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**

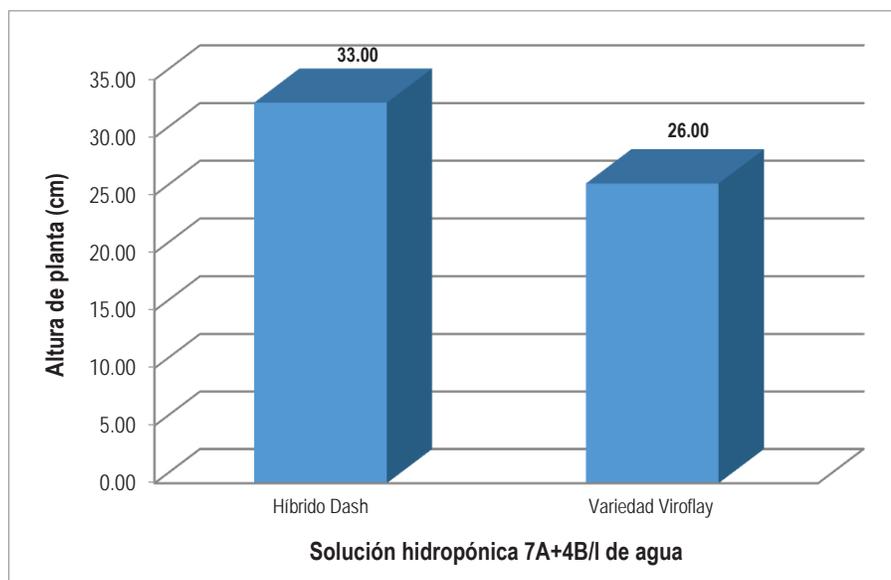


Del cuadro 48 de Prueba Tukey y gráfico 24 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para altura de planta, se desprende que el híbrido Dash con 42.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 34.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida y la dosis adecuada de nutrientes.

**Cuadro 49: Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	33.00	a	a
2	Variedad Viroflay	26.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.50	ALS <sub>1%</sub> = 2.08	

**Gráfico 25: Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua en especie para altura de planta (cm)**

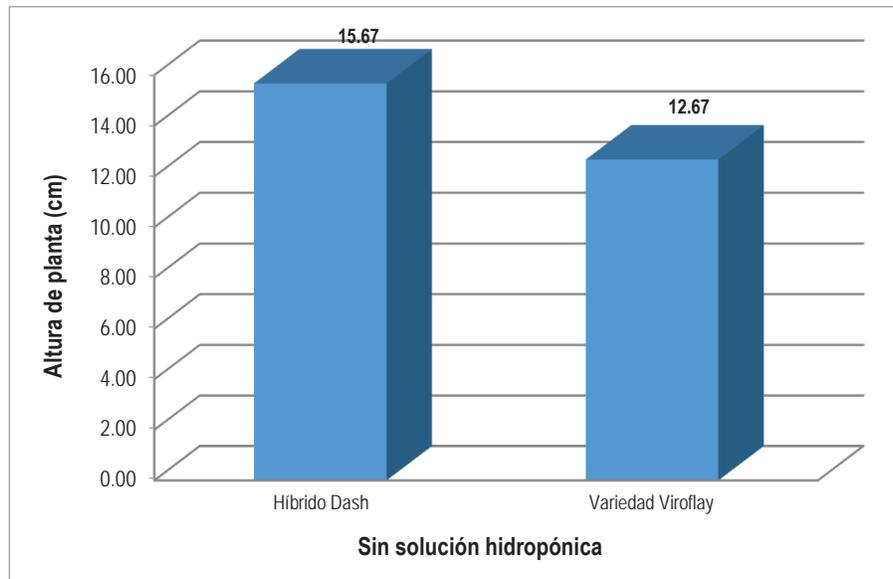


Del cuadro 49 de Prueba Tukey y gráfico 25 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especies para altura de planta, se desprende que el híbrido Dash con 33.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 26.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 50: Prueba Tukey Sin Soluc. Hidrop. en especie para altura de planta (cm)**

N° de Orden	Sin Solución Hidropónica	Altura de planta (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	15.67	a	a
2	Variedad Viroflay	12.67	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.50	ALS <sub>1%</sub> = 2.08	

**Gráfico 26: Sin Soluc. Hidrop. en especie para altura de planta (cm)**



Del cuadro 50 de Prueba Tukey y gráfico 26 de tratamiento sin solución hidropónica en especies para altura de planta, se desprende que el híbrido Dash con 15.67 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 12.67 cm. Esta superioridad se debe exclusivamente a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 51: Longitud de la hoja (cm)**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B/I de agua	6A+3B/I de agua	7A+4B/I de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B/I de agua	6A+3B/I de agua	7A+4B/I de agua	Sin sol. hidropó.	
<b>B - I</b>	24.00	27.00	23.00	13.00	30.00	35.00	31.00	16.00	199.00
<b>B - II</b>	23.00	29.00	22.00	12.00	29.00	33.00	30.00	15.00	193.00
<b>B - III</b>	23.00	26.00	22.00	14.00	28.00	36.00	27.00	14.00	190.00
<b>Suma</b>	70.00	82.00	67.00	39.00	87.00	104.00	88.00	45.00	582.00
<b>Prom.</b>	23.33	27.33	22.33	13.00	29.00	34.67	29.33	15.00	24.25
<b>Especie</b>	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				
	Suma =	258.00			Suma =	324.00			582.00
	Prom. =	21.50			Prom. =	27.00			24.25
<b>Dosis Soluc. H.</b>	5A+2B/I de agua		6A+3B/I de agua		7A+4B/I de agua			Sin Soluc. Hidrop.	
	Suma =	157.00	Suma =	186.00	Suma =	155.00	Suma =	84.00	582.00
	Prom. =	26.17	Prom. =	31.00	Prom. =	25.83	Prom. =	14.00	24.25

**Cuadro 52: ANVA para longitud de la hoja (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	5.25	2.63	1.83	3.740	6.510	NS. NS.
<b>Combinaciones</b>	07	1149.17	164.17	114.44	2.760	4.280	**
<b>Especie</b>	01	181.50	181.50	126.52	4.600	8.860	**
<b>Soluc. Hidropónica</b>	03	940.83	313.61	218.62	3.340	5.560	**
<b>Esp. * Soluc. Hid.</b>	03	26.83	8.94	6.24	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	20.08	1.43				
<b>Total</b>	23	1174.50	<b>CV = 4.94%</b>				

Del cuadro 52 del ANVA para longitud de la hoja, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 4.94% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies, dosis de soluciones nutritivas e interacción especie por dosis.

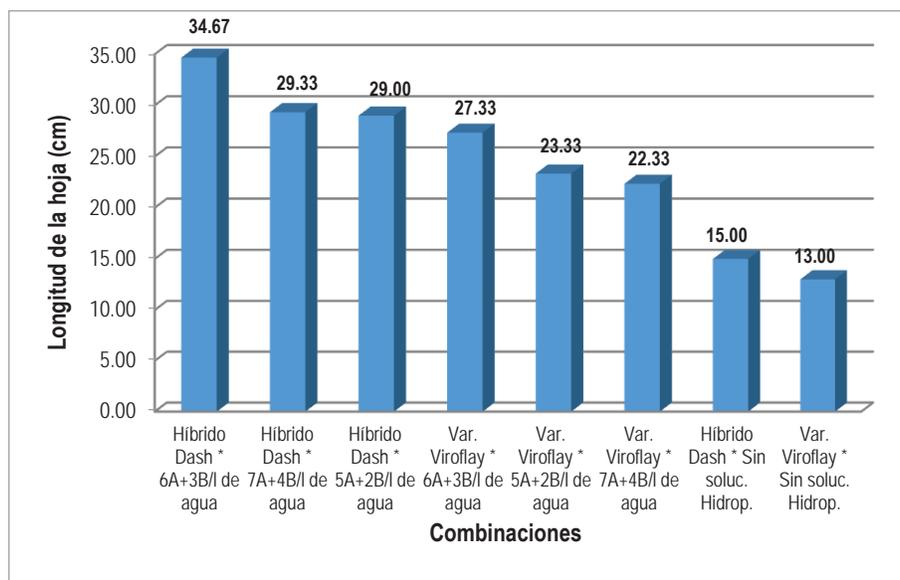
**Cuadro 53: Prueba Tukey de combinaciones para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Combinaciones	Longitud de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	34.67	a	a
2	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	29.33	b	b
3	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	29.00	b	b
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	27.33	b	b c
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	23.33	c	c d
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	22.33	c	d
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	15.00	d	e
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	13.00	d	e

ALS<sub>5%</sub>= 3.45

ALS<sub>1%</sub>= 4.33

**Gráfico 27: Combinaciones para longitud de la hoja (cm)**



Del cuadro 53 de Prueba de Tukey de combinaciones para longitud de la hoja y gráfico 27 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 34.67 cm ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución hidropónica., con sólo 13.00 cm ocupó el último lugar; y los demás



**Cuadro 55: Prueba Tukey de Solución hidropónica para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Longitud de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	31.00	a	a
2	5A+2B/l de agua	26.17	b	b
3	7A+4B/l de agua	25.83	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	14.00	c	c

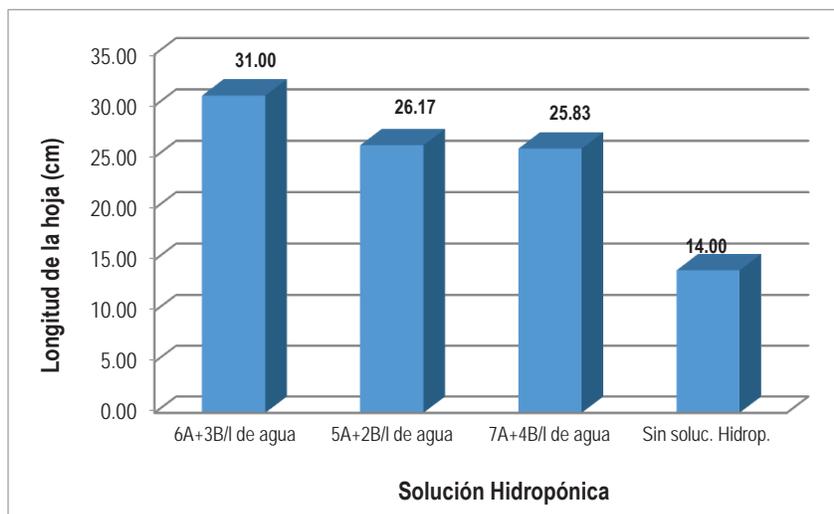
ALS<sub>5%</sub>= 2.01                      ALS<sub>1%</sub>= 2.60

**Cuadro 55: Prueba Tukey de Solución hidropónica para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Longitud de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	31.00	a	a
2	5A+2B/l de agua	26.17	b	b
3	7A+4B/l de agua	25.83	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	14.00	c	c

ALS<sub>5%</sub>= 2.01                      ALS<sub>1%</sub>= 2.60

**Gráfico 28: Solución hidropónica para longitud de la hoja (cm)**



Del cuadro 55 de Prueba Tukey y gráfico 28 de dosis de soluciones hidropónicas para longitud de la hoja, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 31.00 cm es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 14.00 cm que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 56: Ordenamiento para longitud de la hoja (cm)**

Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie Viroflay	Suma	70.00	82.00	67.00	39.00	258.00
	Prom.	23.33	27.33	22.33	13.00	
Híbrido Dash	Suma	87.00	104.00	88.00	45.00	324.00
	Prom.	29.00	34.67	29.33	15.00	
		157.00	186.00	155.00	84.00	582.00

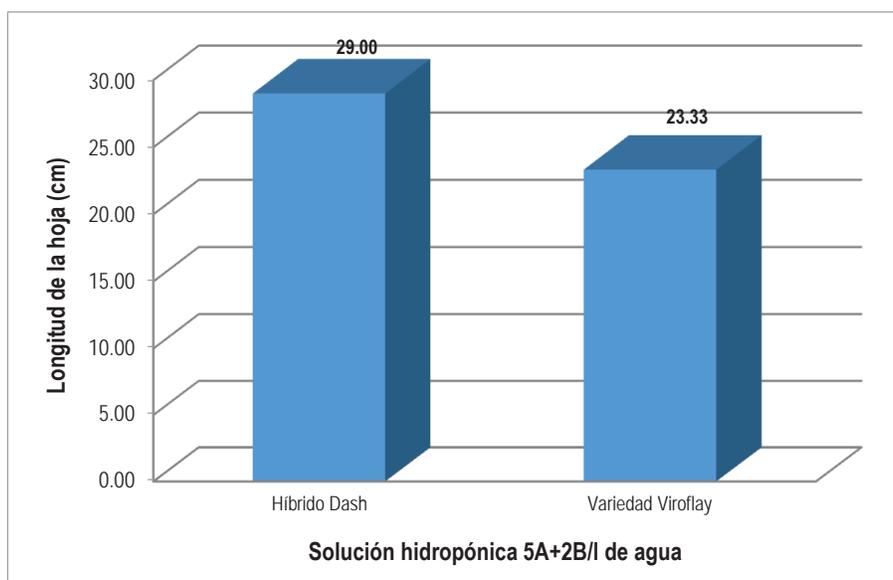
**Cuadro 57: ANVA auxiliar Esp. X Soluc. hidrop. para longitud de la hoja (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Esp. en 5A+2B/l de agua</b>	01	48.17	48.17	33.577	4.600	8.860	**
<b>Esp. en 6A+3B/l de agua</b>	01	80.67	80.67	56.232	4.600	8.860	**
<b>Esp. en 7A+4B/l de agua</b>	01	73.50	73.50	51.237	4.600	8.860	**
<b>Esp. en Sin soluc. hidrop.</b>	01	6.00	6.00	4.183	4.600	8.860	NS. NS.
<b>Error</b>	14	20.08	1.43				

**Cuadro 58: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Longitud de la hoja (cm)	Significación de	
			Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	29.00	a	a
2	Variedad Viroflay	23.33	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 2.10		ALS <sub>1%</sub> =	2.91	

**Gráfico 29: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**

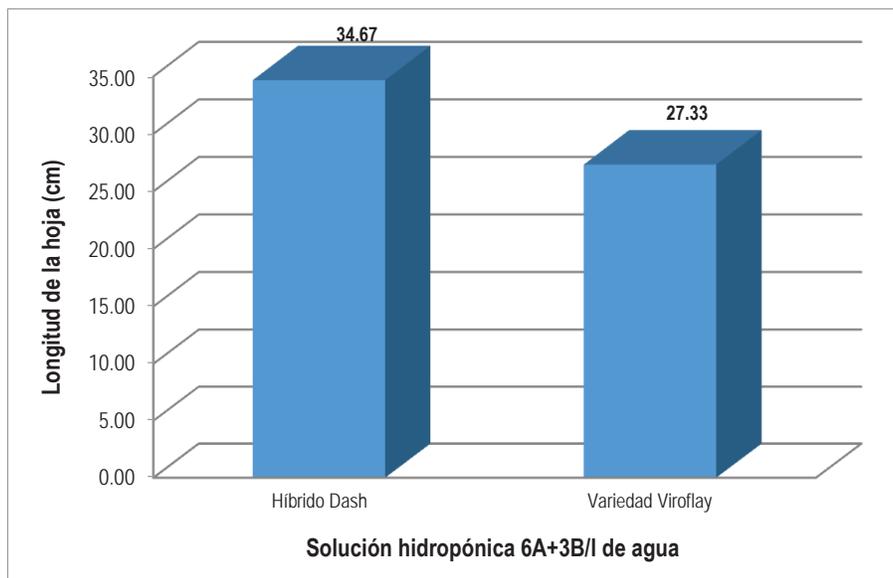


Del cuadro 58 de Prueba Tukey y gráfico 29 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para longitud de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 29.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 23.33 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas del híbrido.

**Cuadro 59: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Longitud de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	34.67	a	a
2	Variedad Viroflay	27.33	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 2.10		ALS <sub>1%</sub> = 2.91		

**Gráfico 30: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**

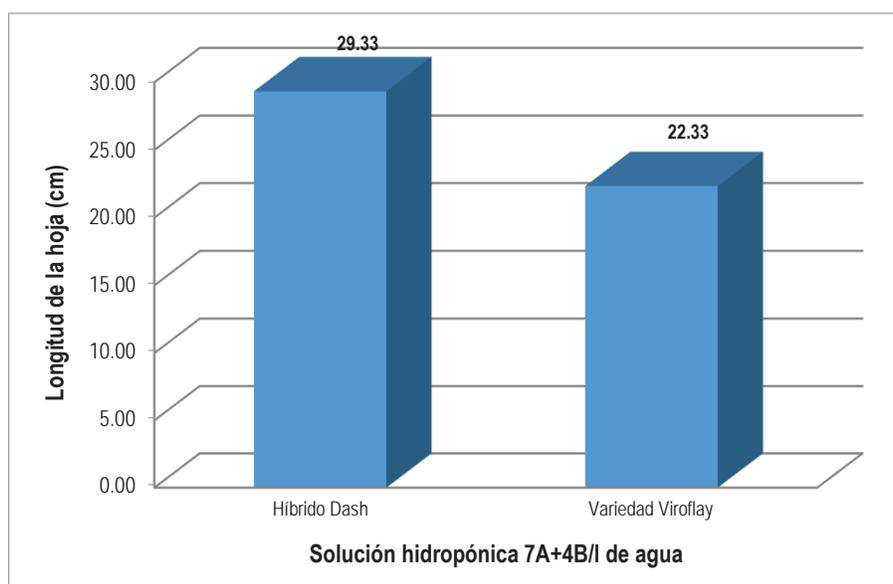


Del cuadro 59 de Prueba Tukey y gráfico 30 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para longitud de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 34.67 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 27.33 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida y la dosis adecuada de nutrientes.

**Cuadro 60: Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Longitud de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	29.33	a	a
2	Variedad Viroflay	22.33	b	b
ALS <sub>5%</sub> = 2.10		ALS <sub>1%</sub> =	2.91	

**Gráfico 31: Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua en especie para longitud de la hoja (cm)**



Del cuadro 60 de Prueba Tukey y gráfico 31 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especie para longitud de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 29.33 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 22.33 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 61: Ancho de la hoja (cm)**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B/l de agua	6A+3B/l de agua	7A+4B/l de agua	Sin sol. hidropó.	
<b>B - I</b>	8.00	11.00	7.00	5.00	12.00	15.00	11.00	6.00	75.00
<b>B - II</b>	7.00	10.00	8.00	7.00	13.00	16.00	13.00	7.00	81.00
<b>B - III</b>	9.00	12.00	9.00	6.00	11.00	16.00	12.00	7.00	82.00
<b>Suma</b>	24.00	33.00	24.00	18.00	36.00	47.00	36.00	20.00	238.00
<b>Prom.</b>	8.00	11.00	8.00	6.00	12.00	15.67	12.00	6.67	9.92
<b>Especie</b>	Variedad Viroflay Suma = 99.00 Prom. = 8.25				Híbrido Dash Suma = 139.00 Prom. = 11.58				238.00 9.92
<b>Dosis Soluc. H.</b>	5A+2B/l de agua Suma = 60.00 Prom. = 10.00	6A+3B/l de agua Suma = 80.00 Prom. = 13.33	7A+4B/l de agua Suma = 60.00 Prom. = 6.33	Sin Soluc. Hidrop.					

**Cuadro 62: ANVA para ancho de la hoja (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	3.58	1.79	2.57	3.740	6.510	NS. NS.
<b>Combinaciones</b>	07	228.50	32.64	46.87	2.760	4.280	**
<b>Especie</b>	01	66.67	66.67	95.73	4.600	8.860	**
<b>Soluc. Hidropónica</b>	03	147.17	49.06	70.44	3.340	5.560	**
<b>Esp. * Soluc. Hid.</b>	03	14.67	4.89	7.02	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	9.75	0.70				
<b>Total</b>	23	241.83	<b>CV =</b>	<b>8.42%</b>			

Del cuadro 62 del ANVA para ancho de la hoja, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 8.42% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies dosis de soluciones nutritivas e interacción especie por dosis.

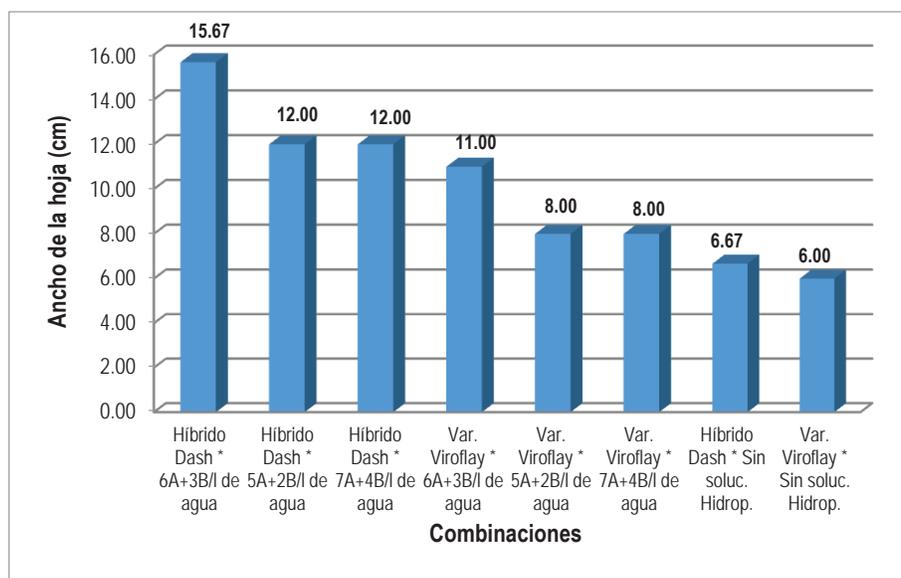
**Cuadro 63: Prueba Tukey de combinaciones para ancho de la hoja (cm)**

N° de Orden	Combinaciones	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua	15.67	a	a
2	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	12.00	b	b
3	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	12.00	b	b
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	11.00	b	b c
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	8.00	c	c d
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	8.00	c	c d
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	6.67	c	d
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	6.00	c	d

ALS<sub>5%</sub>= 2.40

ALS<sub>1%</sub>= 3.02

**Gráfico 32: Combinaciones para ancho de la hoja (cm)**



Del cuadro 63 de Prueba de Tukey de combinaciones para ancho de la hoja y gráfico 32 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 15.67 cm ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución hidropónica., con sólo 6.00 cm ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a que

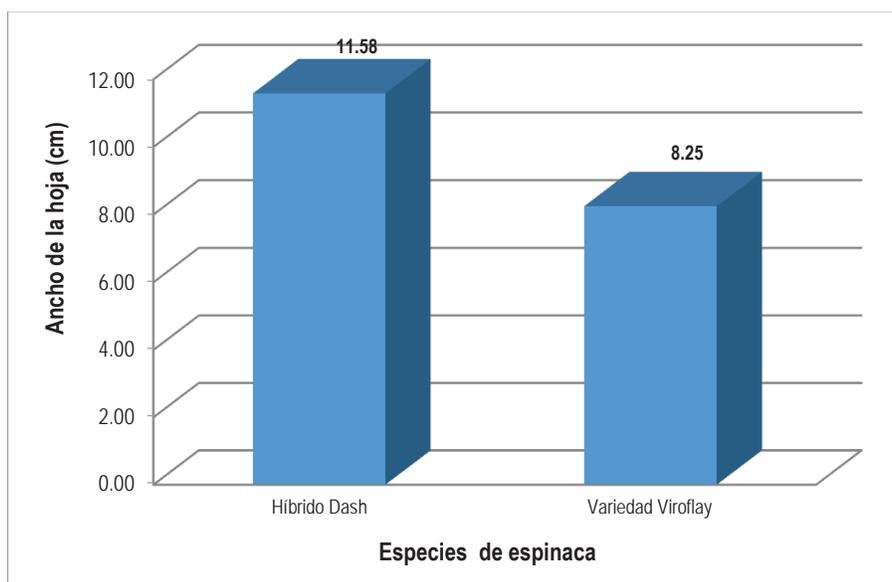
las dosis promedio recomendadas por la UNA La Molina de 5 ml de solución A/l de agua y 2 ml de solución B/l de agua, no fueron suficientes para producción hidropónica de hojas de espinaca en condiciones de K'ayra, tampoco las dosis muy altas fueron las más satisfactorias.

**Cuadro 64: Prueba Tukey especie de espinaca para ancho de la hoja (cm)**

Nº de Orden	Especie de Espinaca	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	11.58	a	a
2	Variedad Viroflay	8.25	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 0.73                      ALS<sub>1%</sub>= 1.01

**Gráfico 33: Especies de espinaca para ancho de la hoja (cm)**

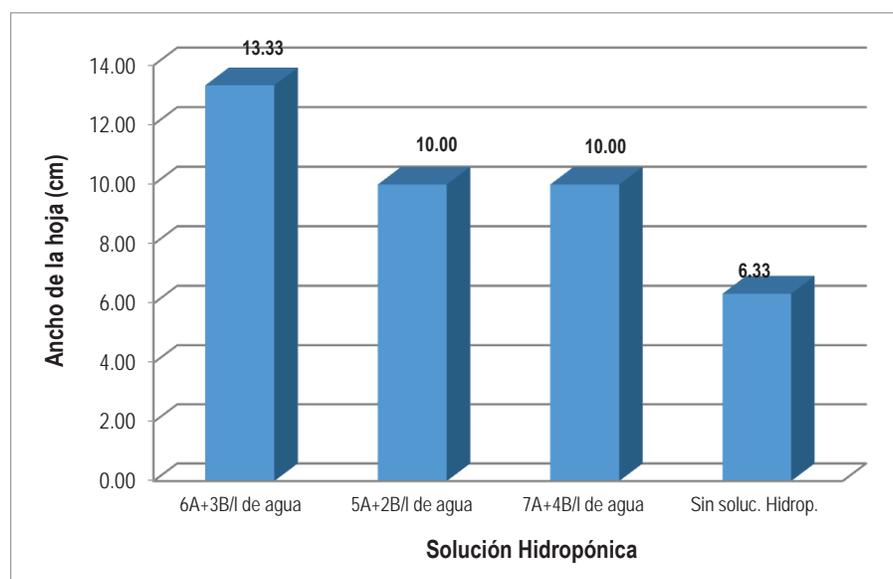


Del cuadro 64 de Prueba Tukey y gráfico 33 de especie de espinaca para ancho de la hoja, se desprende que la variedad Híbrido Dash con 11.58 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 8.25 cm. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 65: Prueba Tukey de Solución hidropónica para ancho de la hoja (cm)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	6A+3B/l de agua	13.33	a	a
2	5A+2B/l de agua	10.00	b	b
3	7A+4B/l de agua	10.00	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	6.33	c	c
		ALS <sub>5%</sub> = 1.40	ALS <sub>1%</sub> = 1.81	

**Gráfico 34: Solución hidropónica para ancho de la hoja (cm)**



Del cuadro 65 de Prueba Tukey y gráfico 34 de dosis de soluciones hidropónicas para ancho de la hoja, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml B/l de agua con 13.33 cm es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 6.33 cm que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 66: Ordenamiento para ancho de la hoja (cm)**

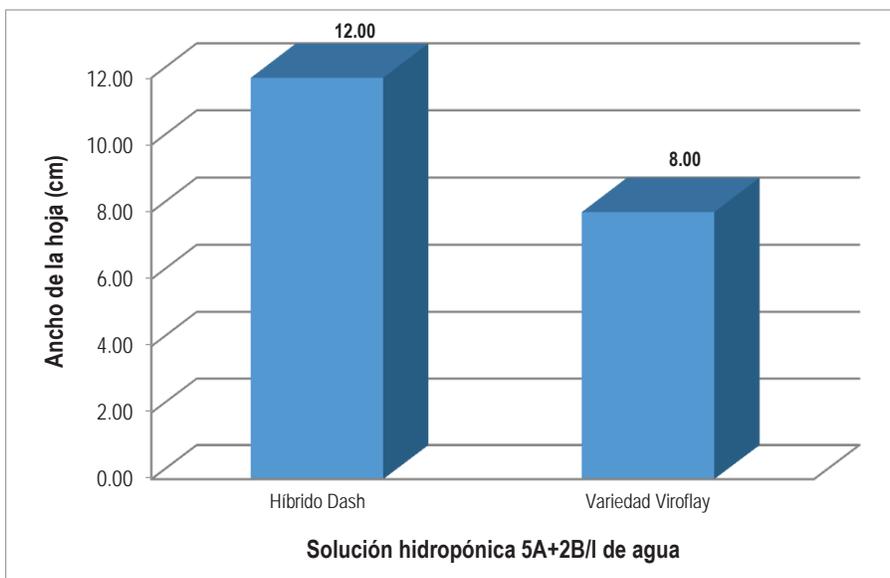
Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie Viroflay	Suma	24.00	33.00	24.00	18.00	99.00
	Prom.	8.00	11.00	8.00	6.00	
Híbrido Dash	Suma	36.00	47.00	36.00	20.00	139.00
	Prom.	12.00	15.67	12.00	6.67	
		60.00	80.00	60.00	38.00	238.00

**Cuadro 68: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	12.00	a	a
2	Variedad Viroflay	8.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.46                          ALS<sub>1%</sub>= 2.03

**Gráfico 35: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**

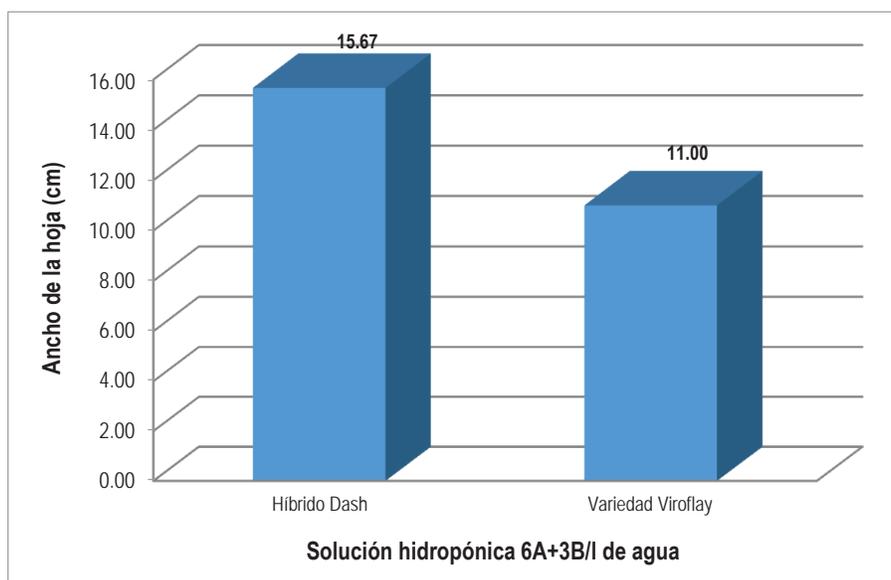


Del cuadro 68 de Prueba Tukey y gráfico 35 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para ancho de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 12.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 8.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas del híbrido.

**Cuadro 69: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	15.67	a	a
2	Variedad Viroflay	11.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.46	ALS <sub>1%</sub> = 2.03	

**Gráfico 36: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**

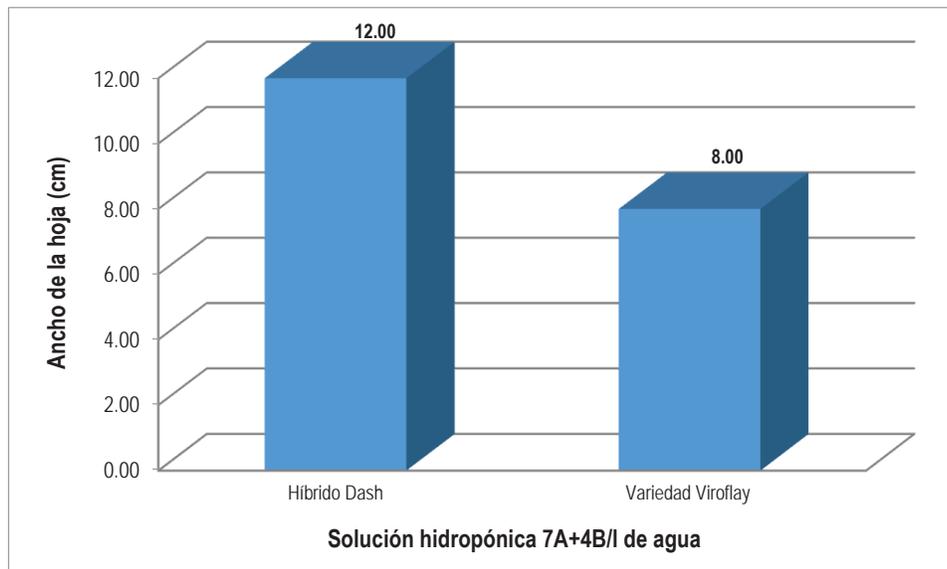


Del cuadro 69 de Prueba Tukey y gráfico 36 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para ancho de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 15.67 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 11.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida y la dosis adecuada de nutrientes.

**Cuadro 70: Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**

N° de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Ancho de la hoja (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	12.00	a	a
2	Variedad Viroflay	8.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.46	ALS <sub>1%</sub> = 2.03	

**Gráfico 37: Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua en especie para ancho de la hoja (cm)**



Del cuadro 70 de Prueba Tukey y gráfico 37 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especies para ancho de la hoja, se desprende que el híbrido Dash con 12.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 8.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 71: Longitud del peciolo (cm)**

Dosis	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				Total
	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	5A+2B// de agua	6A+3B// de agua	7A+4B// de agua	Sin sol. hidropó.	
<b>B - I</b>	10.00	11.00	11.00	6.00	14.00	16.50	13.00	7.00	88.50
<b>B - II</b>	11.00	12.00	9.00	5.00	15.00	17.00	14.00	8.00	91.00
<b>B - III</b>	10.00	10.00	10.00	6.00	13.00	15.50	12.00	7.00	83.50
<b>Suma</b>	31.00	33.00	30.00	17.00	42.00	49.00	39.00	22.00	263.00
<b>Prom.</b>	10.33	11.00	10.00	5.67	14.00	16.33	13.00	7.33	10.96
<b>Especies</b>	Variedad Viroflay				Híbrido Dash				
	Suma = 111.00		Prom. = 9.25		Suma = 152.00		Prom. = 12.67		263.00
<b>Soluc. H.</b>	5A+2B// de agua		6A+3B// de agua		7A+4B// de agua		Sin Soluc. Hidrop.		
	Suma = 73.00		Suma = 82.00		Suma = 69.00		Suma = 39.00		263.00
	Prom. = 12.17		Prom. = 13.67		Prom. = 11.50		Prom. = 6.50		10.96

**Cuadro 72: ANVA para longitud del peciolo (cm)**

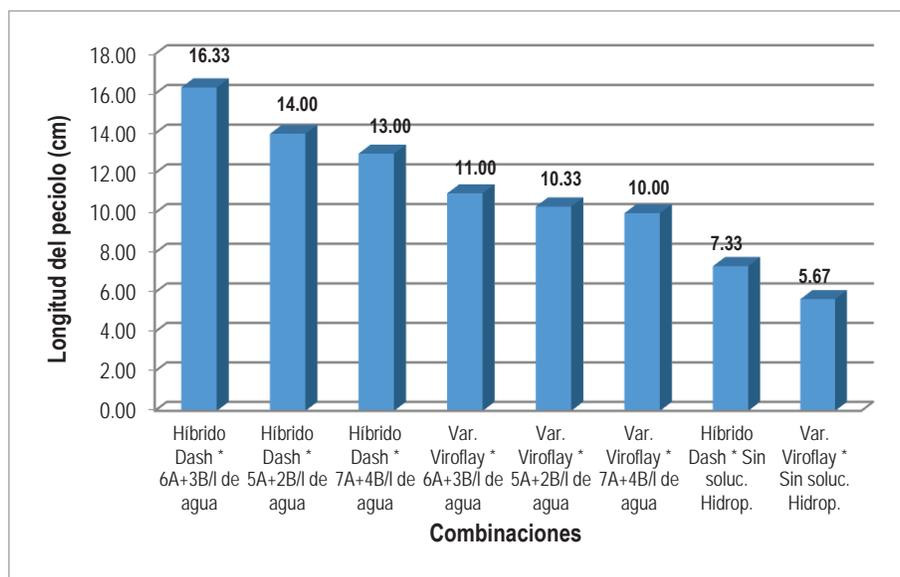
F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
<b>Bloques</b>	02	3.65	1.82	3.39	3.740	6.510	NS. NS.
<b>Combinaciones</b>	07	254.29	36.33	67.62	2.760	4.280	**
<b>Especie</b>	01	70.04	70.04	130.38	4.600	8.860	**
<b>Soluc. Hidropónica</b>	03	173.79	57.93	107.84	3.340	5.560	**
<b>Var. * Soluc. Hid.</b>	03	10.46	3.49	6.49	3.340	5.560	**
<b>Error</b>	14	7.52	0.54				
<b>Total</b>	23	265.46	<b>CV = 6.69%</b>				

Del cuadro 72 del ANVA para longitud del peciolo, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 6.69% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresa confiabilidad en sus resultados, además que se desarrolló el trabajo de investigación en un ambiente controlado. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, especies, dosis de soluciones nutritivas e interacción especie por dosis.

**Cuadro 73: Prueba Tukey de combinaciones para longitud del peciolo (cm)**

N° de Orden	Combinaciones	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	Híbrido Dash * 6A+3B/l de agua
2	Híbrido Dash * 5A+2B/l de agua	14.00	b	a b
3	Híbrido Dash * 7A+4B/l de agua	13.00	b c	b c
4	Var. Viroflay * 6A+3B/l de agua	11.00	c d	c d
5	Var. Viroflay * 5A+2B/l de agua	10.33	d	d
6	Var. Viroflay * 7A+4B/l de agua	10.00	d	d
7	Híbrido Dash * Sin soluc. Hidrop.	7.33	e	e
8	Var. Viroflay * Sin soluc. Hidrop.	5.67	e	e
ALS <sub>5%</sub> = 2.11		ALS <sub>1%</sub> =	2.65	

**Gráfico 38: Combinaciones para longitud del peciolo (cm)**



Del cuadro 73 de Prueba de Tukey de combinaciones para longitud de peciolo y gráfico 38 se desprende, que el tratamiento Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua, con 16.33 cm ocupó el primer lugar, y el tratamiento Var. Viroflay \* Sin solución Hidropónica., con sólo 5.67 cm ocupó el último lugar; y los demás

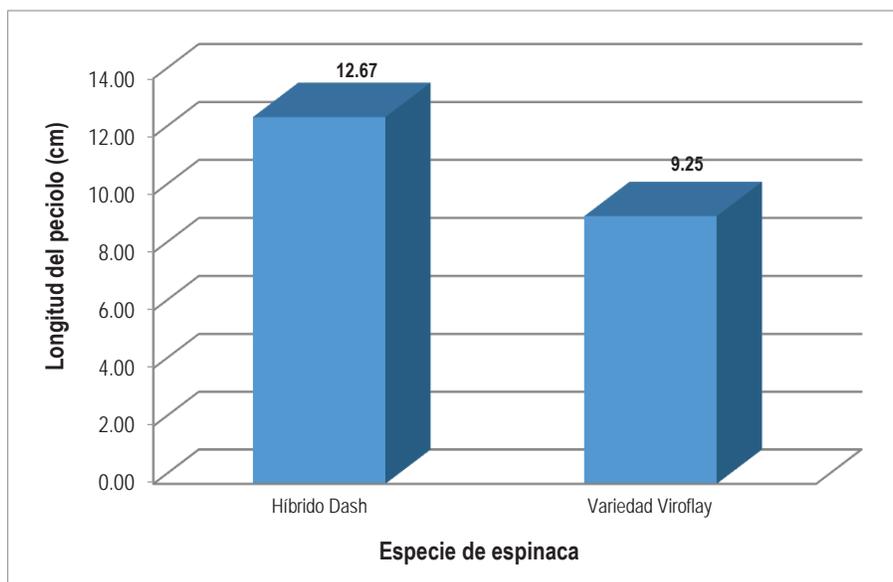
tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a que las dosis promedio recomendadas por la UNA La Molina de 5 ml de solución A/l de agua y 2 ml de solución B/l de agua, no fueron suficientes para producción hidropónica de hojas de espinaca en condiciones de K'ayra, tampoco las dosis muy altas fueron las más satisfactorias.

**Cuadro 74: Prueba Tukey especie de espinaca para longitud del peciolo (cm)**

N° de Orden	Especie de Espinaca	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	12.67	a	a
2	Variedad Viroflay	9.25	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 0.64                      ALS<sub>1%</sub>= 0.89

**Gráfico 39: Especies de espinaca para longitud del peciolo (cm)**



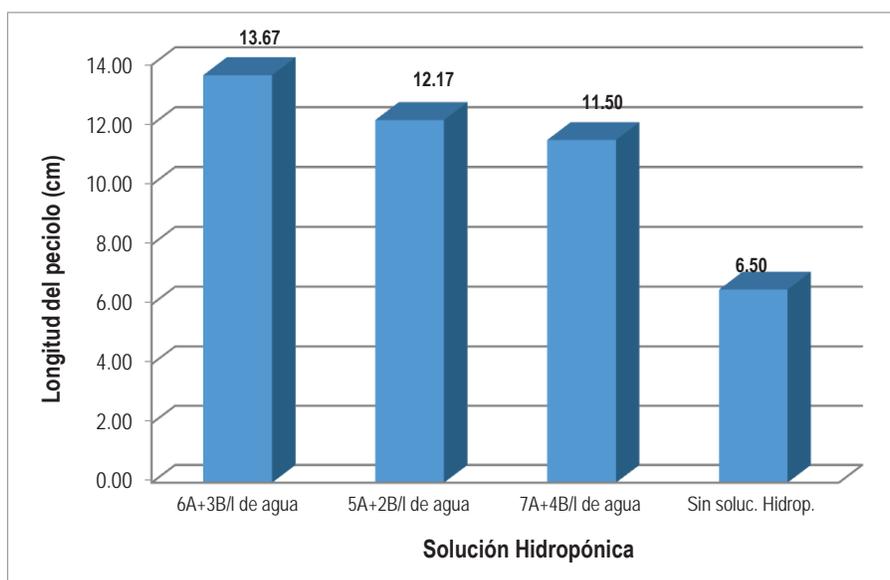
Del cuadro 74 de Prueba Tukey y gráfico 39 de especie de espinaca para longitud del peciolo, se desprende que el Híbrido Dash con 12.67 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 9.25 cm. Debido a las características genéticas de la especie.

**Cuadro 75: Prueba Tukey de Solución hidropónica para longitud del peciolo (cm)**

N° de Orden	Solución Hidropónica	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	6A+3B/l de agua
2	5A+2B/l de agua	12.17	b	a b
3	7A+4B/l de agua	11.50	b	b
4	Sin soluc. Hidrop.	6.50	c	c

ALS<sub>5%</sub>= 1.23                      ALS<sub>1%</sub>= 1.59

**Gráfico 40: Solución hidropónica para longitud del peciolo (cm)**



Del cuadro 75 de Prueba Tukey y gráfico 40 de dosis de soluciones hidropónicas para longitud del peciolo, se desprende que la dosis 6 ml A+3 ml

B/l de agua con 13.67 cm es superior a la dosis sin solución hidropónica con sólo 6.50 cm que ocupa el último lugar. Se debe esta superioridad a la concentración de los elementos nutritivos que no tiene un tratamiento testigo.

**Cuadro 76: Ordenamiento para longitud del peciolo (cm)**

Especie	Soluc. Hidropónica	5A+2B/l	6A+3B/l	7A+4B/l	Sin sol.	Total
		de agua	de agua	de agua	hidropó.	
Especie	Suma	31.00	33.00	30.00	17.00	111.00
Viroflay	Prom.	10.33	11.00	10.00	5.67	
Híbrido Dash	Suma	42.00	49.00	39.00	22.00	152.00
	Prom.	14.00	16.33	13.00	7.33	
		73.00	82.00	69.00	39.00	263.00

**Cuadro 77: ANVA auxiliar Esp. x Soluc. hidrop. para longitud del peciolo (cm)**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Esp. en 5A+2B/l de agua	01	20.17	20.17	37.540	4.60000	8.86000	**
Esp. en 6A+3B/l de agua	01	42.67	42.67	79.424	4.60000	8.86000	**
Esp. en 7A+4B/l de agua	01	13.50	13.50	25.130	4.60000	8.86000	**
Esp. en Sin soluc. hidrop.	01	4.17	4.17	7.756	4.60000	8.86000	* NS.
Error	14	7.52	0.54				

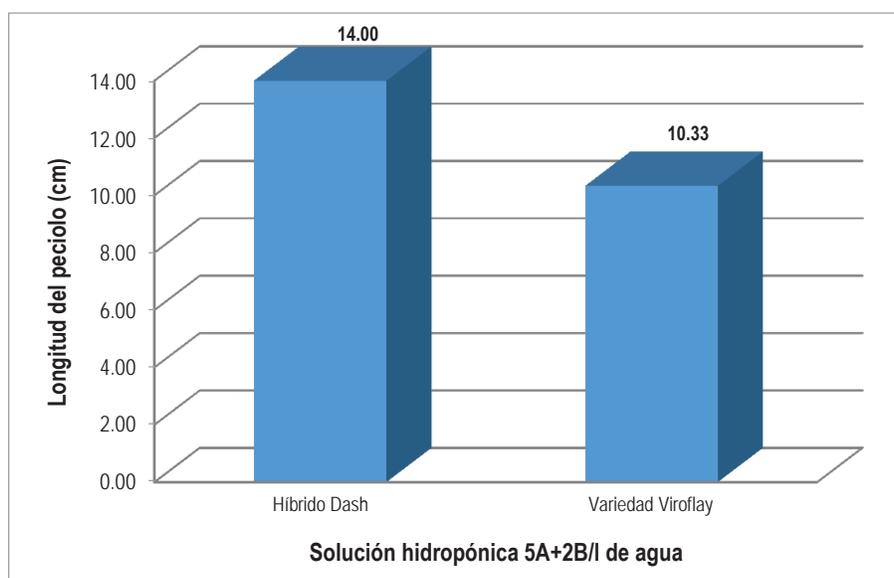
**Cuadro 78: Prueba Tukey Solución 5A+2B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
			1	Híbrido Dash
2	Variedad Viroflay	10.33	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.28

ALS<sub>1%</sub>= 1.78

**Gráfico 41: Soluc. Hidrop. 5A+2B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**



Del cuadro 78 de Prueba Tukey y gráfico 41 de dosis de 5 ml A+2ml B/l de agua en especies para longitud del peciolo, se desprende que el híbrido Dash con 14.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 10.33 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas del híbrido.

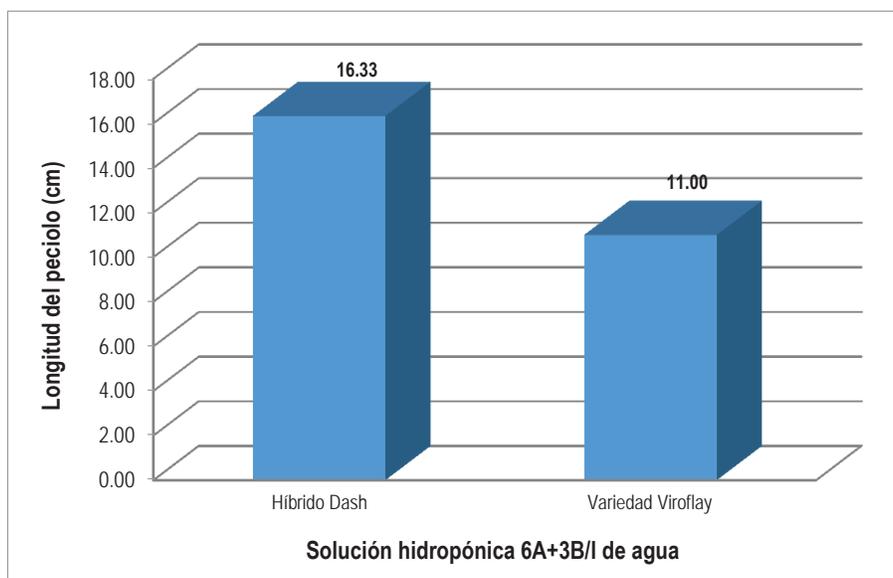
**Cuadro 79: Prueba Tukey Solución 6A+3B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	16.33	a	a
2	Variedad Viroflay	11.00	b	b

ALS<sub>5%</sub>= 1.28

ALS<sub>1%</sub>= 1.78

**Gráfico 42: Soluc. Hidrop. 6A+3B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**

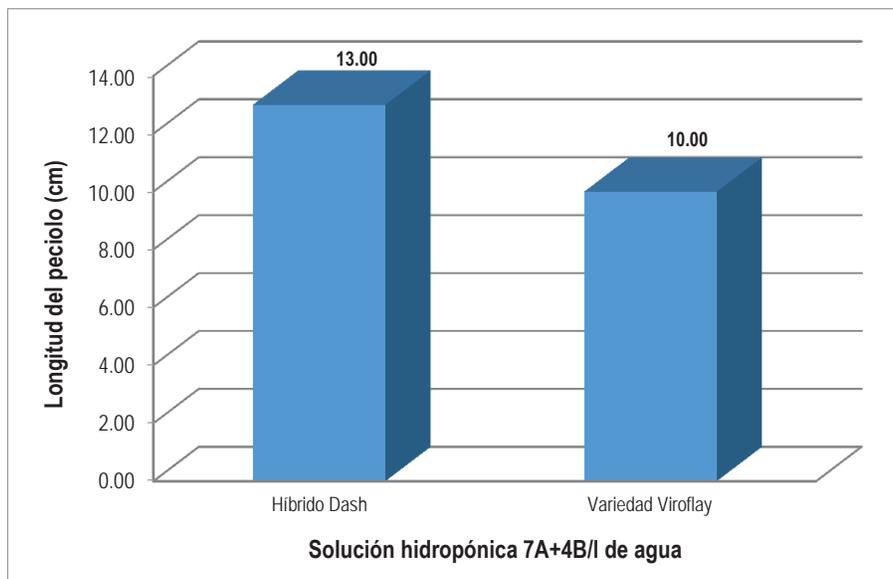


Del cuadro 79 de Prueba Tukey y gráfico 42 de dosis de 6 ml A+3 ml B/l de agua en especies para longitud del peciolo, se desprende que el híbrido Dash con 16.33 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 11.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida y la dosis adecuada de nutrientes.

**Cuadro 80: Prueba Tukey Solución 7A+4B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**

Nº de Orden	Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	13.00	a	a
2	Variedad Viroflay	10.00	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.28	ALS <sub>1%</sub> = 1.78	

**Gráfico 43: Soluc. Hidrop. 7A+4B/l de agua en especie para longitud del peciolo (cm)**

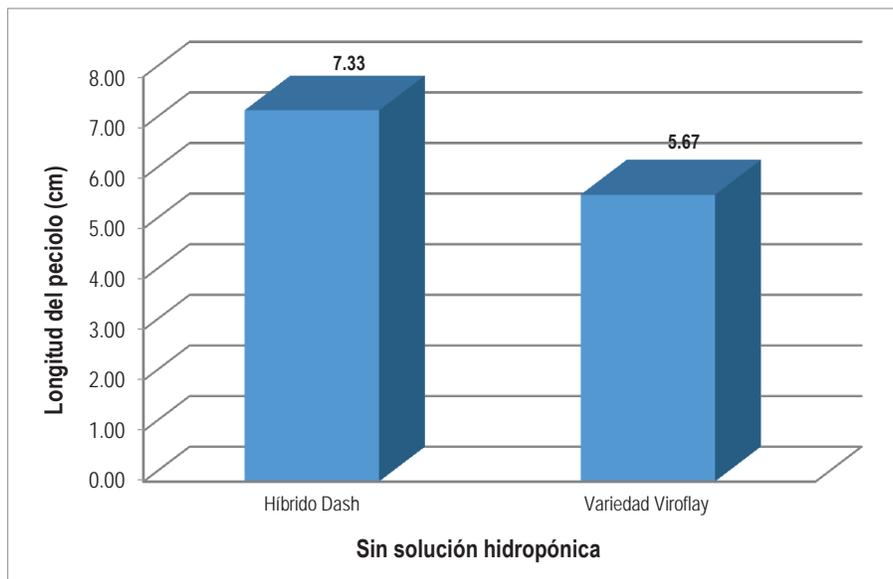


Del cuadro 80 de Prueba Tukey y gráfico 43 de dosis de 7 ml A+4 ml B/l de agua en especies para longitud del peciolo, se desprende que el híbrido Dash con 13.00 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 10.00 cm. Esta superioridad se debe a las características genéticas de la híbrida.

**Cuadro 81: Prueba Tukey Sin Soluc. Hidrop. en especie para longitud del peciolo (cm)**

Nº de Orden	Sin Solución Hidropónica	Long. del peciolo (cm)	Significación de Tukey	
			5%	1%
1	Híbrido Dash	7.33	a	a
2	Variedad Viroflay	5.67	b	b
		ALS <sub>5%</sub> = 1.28	ALS <sub>1%</sub> = 1.78	

**Gráfico 44: Sin Soluc. Hidrop. en especie para longitud del peciolo (cm)**



Del cuadro 81 de Prueba Tukey y gráfico 44 de tratamiento sin solución hidropónica en especies para longitud del peciolo, se desprende que el híbrido Dash con 7.33 cm es superior a la variedad Viroflay con sólo 5.67 cm. Esta superioridad se debe exclusivamente a las características genéticas de la híbrida.

## VII. CONCLUSIONES

### A. Rendimiento

El **Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua**, en peso fresco de las hojas con 203.00 g/planta (14.21 Kg/caja ó 94.73 t/ha), en materia seca de las hojas con 49.00 g/planta (3.43 Kg/caja ó 22.87 t/ha) y en número de hojas con 33.00 hojas/planta, ocupó el primer lugar. La **Variedad Viroflay \* Sin Solución Hidropónica** en peso fresco de las hojas con 38.00 g/planta (2.66 Kg/caja o 17.73 t/ha), en materia seca con 3.00 g/planta (0.21 Kg/caja ó 1.40 t/ha) y, en número de hojas con 11.00 hojas/planta, ocupó el último lugar.

### B. Comportamiento agronómico

El **Híbrido Dash \* 6 ml A+3 ml B/l de agua**, en altura de planta con 42.00 cm, en longitud de la hoja con 34.67 cm, en ancho de la hoja con 15.67 cm, en longitud del peciolo con 16.33 cm, ocupó el primer lugar. La **variedad Viroflay \* Sin Solución Hidropónica**, en altura de planta con 12.67 cm, en longitud de la hoja con 13.00 cm, en ancho de la hoja con 6.00 cm y, en longitud del peciolo con 5.67 cm, ocupó el último lugar.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios con más número de especies, de espinaca.
2. Continuar con los trabajos de investigación en hidroponía, comprobando estos resultados con otros, considerando que estos trabajos son una alternativa para la nueva sociedad creando huertos familiares a bajo costo con los recursos de la zona.
3. Intensificar trabajos de investigación en hidroponía familiar en hortalizas de periodo vegetativo corto, la cual dará trabajo a todos los integrantes de la familia.
4. Realizar estudios con otras dosis de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes para el sistema de raíz flotante.
5. Realizar estudios relacionados al contenido de nutrientes de las hortalizas de hoja, comparando con la espinaca.
6. Efectuar estudios sobre el comportamiento de las variedades de espinaca en diferentes tipos de cubierta con malla raschel en diferentes grados de sombra.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. **FAO**, La Empresa **Hidropónica de Mediana Escala. La técnica de la solución Nutritiva Recirculante (NFT).**
2. **CESPEDEZ FLOREZ, ELISABET. (2007).** Horticultura. Texto Universitario. Facultad de Agronomía y Zootecnia – UNSAAC. Cusco.
3. **COOPER, A. (1979).** The ABC of NFT. Nutrient Film Technique. Grower Books. London. 181 pp.
4. **COSIO C., P. y CASTELO H., G. (1989).** Sistema de clasificación filogenética según Cronquist A. Copia FAZ – UNSAAC. Cusco – Perú.
5. **FLORES PEÑA MANUEL R., HIDALGO-VÍLCHEZ CARLOS A., GARCÍA-SEMINARIO RAMÓN. (2009).** Adaptabilidad y producción de *Spinacea oleracea (L.)* “espinaca” cultivada en condiciones hidropónicas. Universidad Nacional de Tumbes Facultad de Ciencias Agrarias. Centro experimental de cultivo de plantas sin suelo. Tumbes-Perú.  
[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin46/Resumenes\\_Investigacion\\_Tumbes.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin46/Resumenes_Investigacion_Tumbes.pdf)
6. **HOWARD M. RESH. (2001).** Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. 5° edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México.
7. **JAMEZ SHOLTO OUGLAS. (1994).** Hidroponía. Cómo cultivar sin tierra. 6° edición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires-Lima-México-Barcelona.
8. **LEON FORES, MARCO E.,(1974).** La espinaca (Var. Viroflay): Rendimiento en seis épocas de siembra *Spinacea oleracea L.*
9. **LESUR, LUIS. (2003).** Manual de horticultura. Editorial Trillas. México.

- 10. MAROTO, BORREGO, J.V. (2008).** Elementos de Horticultura General. Ediciones Mundi – Prensa. 3ra. Edición. Madrid – Barcelona – México.
- 11. MAROTO, BORREGO, J.V. (2002).** Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi – Prensa. 5ra. Edición. Madrid – Barcelona – México.
- 12. NORIEGA GARCIA, VIVENTE. (2004).** El huerto en el jardín. Editorial Grupo Mundi – Prensa. España.
- 13. ORTEGA MORA, HIGIDIO. (2001).** Efecto del regulador de crecimiento Raíz Up en cultivo semi – hidropónico de espinaca (*Espinacea oleracea* L. Var. Bolero) bajo fitotoldo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNSAAC – Cusco.
- 14. PALOMINO VELASQUEZ KARE. (2008).** Hidroponía comercial. Tomates y lechugas. 1° edición. Editorial Macro EIRL. Surquillo – Lima – Perú.
- 15. RODRIGUEZ DELFIN, ALFREDO; HOYOS ROJAS, MARILU; CHANG LA ROSA, MILAGROS. (2001).** Soluciones nutritivas en hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Peru
- 16. SALUNKHE, D.K., KADAM, S.S. (2004).** Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España.
- 17. VITORINO FLOREZ, BRAULIO. (2010).** Fertilidad de suelos y abonamiento.  
  
Con énfasis en la nutrición orgánica sustentable de las plantas cultivadas. Texto Universitario. K'ayra – Cusco – Perú.
- 18. ZIRENA, J. (2002).** Elementos plásticos y oligoelementos. Universidad Técnica de Cajamarca. Cajamarca - Perú.

19. **WINSOR, G.W.; HURD, R.G.; PRICE, D. (1979).** Nutrient Film Technique. Grower's bulletin 5. Glasshouse Crop Research Institute. Littlehampton. 48 pp.
20. **<http://www.agrohuerto.com/como-cultivar-espinacas-en-tu-huerto/>**
21. **<http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>**
22. **[https://es.wikipedia.org/wiki/Spinacia\\_oleracea](https://es.wikipedia.org/wiki/Spinacia_oleracea)**
23. **<http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>**

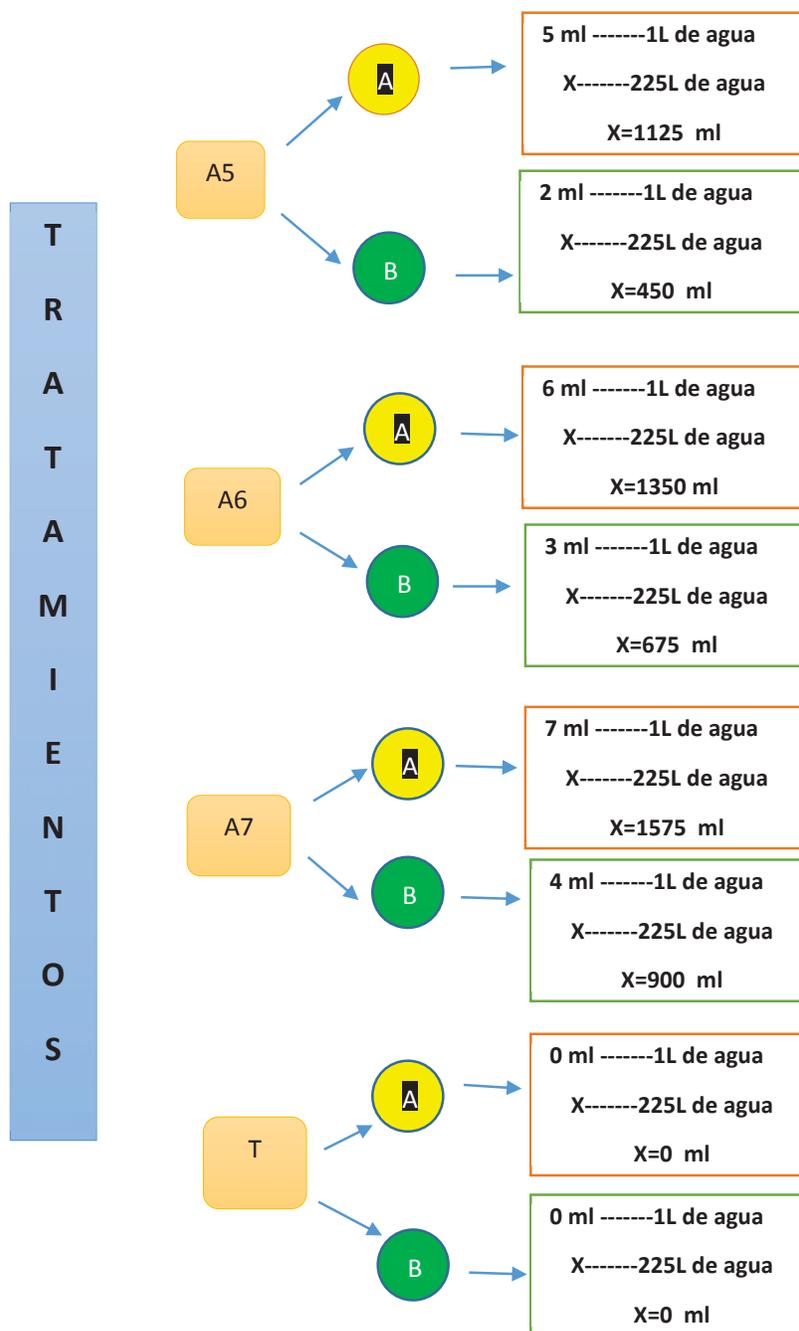
## **ANEXOS**

**Anexo 01. Dosis y cantidades de nutrientes utilizados**

TRATAMIENTOS	SOLUCION NUTRITIVA (ml)	
	A	B
1	5	2
2	6	3
3	7	4
4	0	0
5	5	2
6	6	3
7	7	4
8	0	0
<b>Total /bloque (ml)</b>	<b>36</b>	<b>18</b>
<b>Total/3 bloques (ml)</b>	<b>108</b>	<b>54</b>
<b>Total /3 veces de abonado</b>	<b>4.050 litros</b>	<b>2.025 litros</b>

**FUENTE: Elaboración propia**

## Anexo 02. Cálculo de las soluciones nutritivas para tratamientos



FUENTE: Elaboración propia

### Anexo 03. Gastos de instalación de la unidad hidropónica

DETALLES	UNIT.	CANT.	P/UNITARIO	C/TOTAL
<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN:</b>				
Raschel 80% sombra	metro	50	S/. 7.00	S/. 350.00
Tachuelas 13/16	caja	2	S/. 10.00	S/. 20.00
Palos rollizos de eucalipto de 7" X 3.20 y 3.50m	unidad	15	S/. 10.00	S/. 150.00
Alambre galvanizado	kilogramo	3	S/. 5.50	S/. 16.50
Planchas de tecnopor 1"	unidad	24	S/. 7.50	S/. 180.00
Plástico negro x 1.5 m doble ancho	metro	23	S/. 5.00	S/. 115.00
Cintas de madera de 2" X 3m	metro	90	S/. 4.00	S/. 360.00
<b>INSUMOS AGRÍCOLAS</b>				
Soluciones nutritivas A y B	juego	13	S/. 16.00	S/. 208.00
Semilla de espinaca Var. Viroflay	lata	1	S/. 15.00	S/. 15.00
Semilla de espinaca Hibrido DASH	bolsa	1	S/. 50.00	S/. 50.00
<b>OTROS GASTOS</b>				
Mano de obra	jornal	10	S/. 40.00	S/. 400.00
Transporte	varios	2	S/. 50.00	S/. 100.00
<b>TOTAL GASTOS</b>				<b>S/. 1,964.50</b>

**FUENTE:** Elaboración propia

#### Anexo 04. Panel de fotografías

Fotografía N° 17. Envases de semilla de espinaca mostrando sus características.



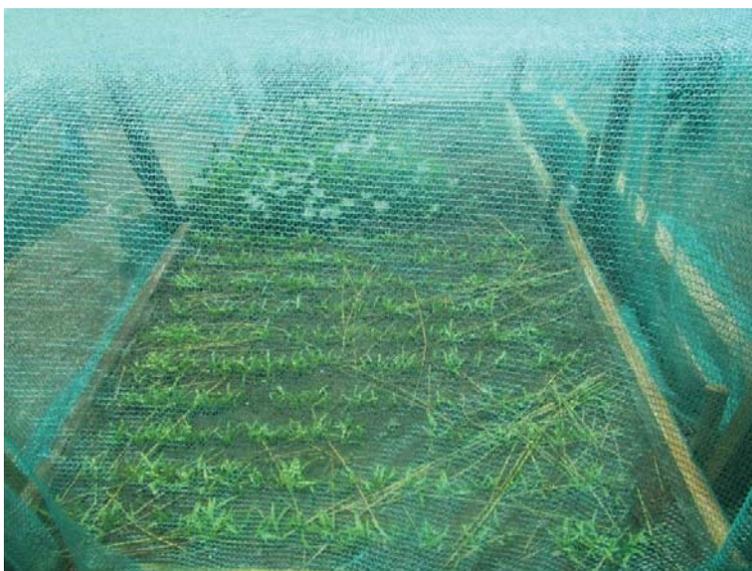
Fotografía N° 18. Siembra manual de espinaca en surcos.



**Fotografía N° 19.** Tapado de la siembra de espinaca con totorilla (*Cyperus odoratus L.*).



**Fotografía N° 20.** Protección de almácigos de espinaca con malla rachel al 50%.



**Fotografía N° 21.** Almacigos a los 15 días de siembra (izquierda híbrido DASH, derecha variedad Viroflay).



**Fotografía N° 22.** Almacigos de espinaca listos para el trasplante.



**Fotografía N° 23.** Preparación de tiras de esponja para el trasplante de plántones de espinaca.



**Fotografía N° 24.** Posición y nivelación de las cajas hidropónicas.



**Fotografía N° 25.** Incorporación de soluciones hidropónicas en cajas impermeabilizadas.



**Fotografía N° 26.** Preparación de plántones de espinaca para el trasplante.



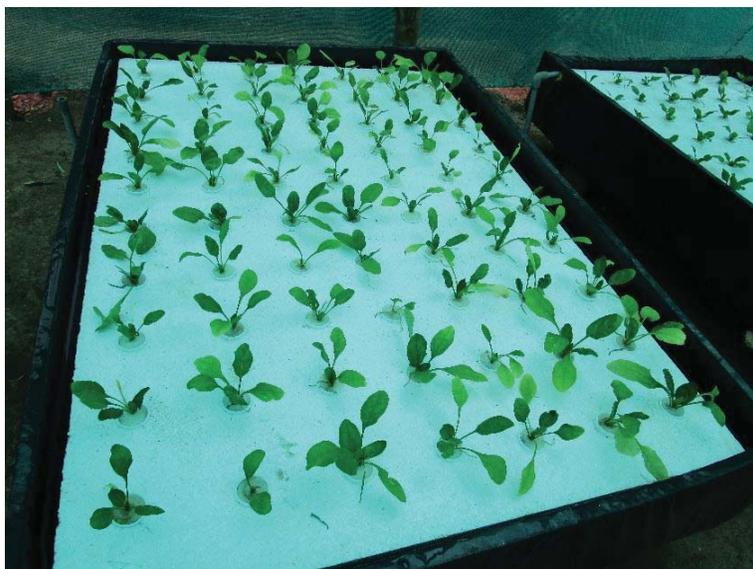
**Fotografía N° 27.** Cubriendo plantones de espinaca con tiras de esponja.



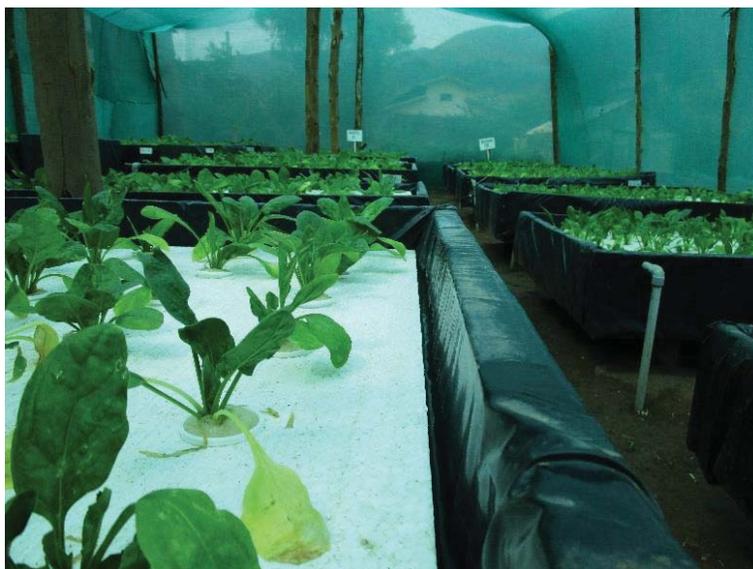
**Fotografía N° 28.** Cajas hidropónicas con plantones de espinaca ya instaladas.



**Fotografía N° 29.** Cultivo hidropónico de espinaca a 2 semanas de trasplante.



**Fotografía N° 30.** Cultivo hidropónico de espinaca a 1 mes de trasplante.



**Fotografía N° 31.** Eliminación de hojas amarillas de la parte basal de espinaca.



**Fotografía N° 32.** Desarrollo de la parte radicular de la espinaca.



**Fotografía N° 33.** Muestra de hojas de espinaca por tratamiento durante la cosecha.

