

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacea oleracea* L.)
A DIFERENTES DENSIDADES DE TRASPLANTE EN SISTEMA HIDROPONICO
(NFT), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

ROXANA TICONA QUISPE

La Paz – Bolivia

2016

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

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacea oleracea* L.)
A DIFERENTES DENSIDADES DE TRASPLANTE EN SISTEMA HIDROPONICO
(NFT), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

*Tesis de Grado presentada como requisito
Parcial para optar el titulo de
Ingeniero Agrónomo*

ROXANA TICONA QUISPE

Asesores:

Ing. Ph.D. José Yakov Arteaga García

Ing. Rafael Murillo García

Revisores:

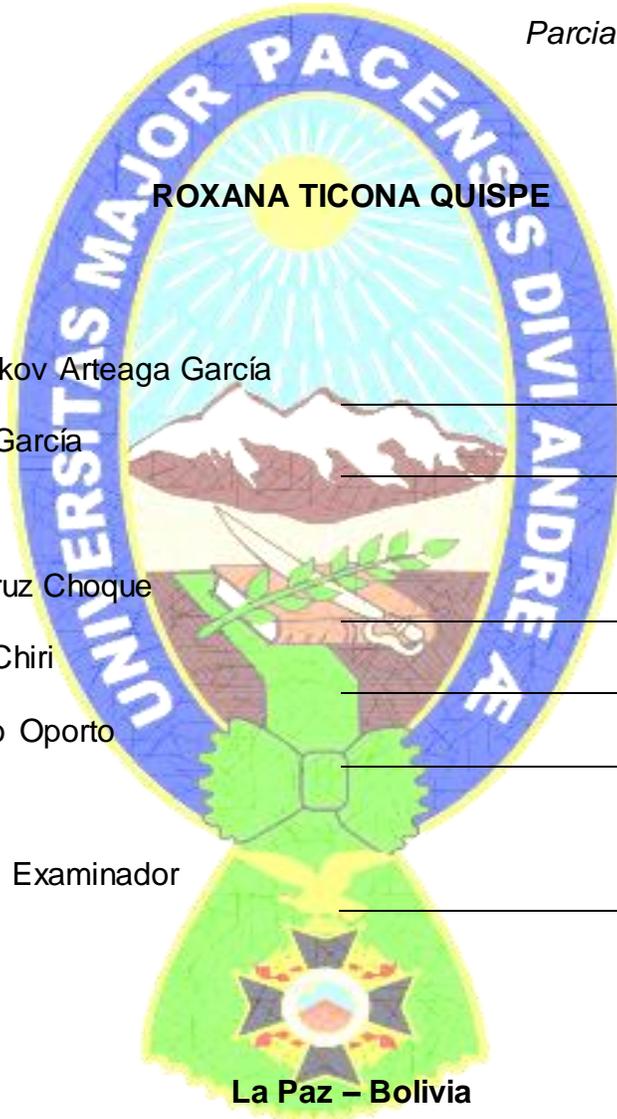
Ing. Ph.D. David Cruz Choque

Ing. Freddy Porco Chiri

Ing. Williams Murillo Oporto

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador



2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme formar parte de la vida.

A mis padres, Gregorio Gerónimo Ticona Benique y Matilde Florentina Quispe Waquí, quienes depositaron en mí la confianza, creyeron en mí, me apoyaron en las buenas y malas.

Al Ing. Williams Murillo, quien me ayudó en todo el proceso de ejecución de la presente investigación.

Al Ing. Freddy Porco Chiri, quien depósito en mí la confianza necesaria para continuar.

A mis hermanas (o), quienes estuvieron al pendiente de mi desempeño.

A Paola Cristina Callisaya Aduvirí, quien me apoyo y sembró en mí la esperanza de creer que se puede lograr más metas pese a las circunstancias.

A mis tíos que me colaboraron moralmente.

Decirles muchas gracias por el tiempo que me brindaron.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme formar parte de la vida.

A mis padres, quienes me dieron todo el apoyo necesario para cumplir mi meta.

A mis hermanos que me regalaron una sonrisa en los momentos de tristeza.

A mi amiga (hermana) quien me tuvo paciencia en todo momento.

CONTENIDO GENERAL

INDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	xi

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1. CULTIVO HIDROPÓNICO.....	3
2.1.1. SISTEMAS HIDROPÓNICOS.....	4
2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CULTIVO HIDROPÓNICO.....	5
2.1.2.1. Ventajas del cultivo hidropónico.....	5
2.1.2.2. Desventajas del cultivo hidropónico.....	6
2.2. SISTEMA NFT.....	6
2.3. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS.....	7
2.3.1. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS PLANTAS.....	8
2.3.2. NUTRIENTES.....	10
2.3.2.1. Soluciones utilizadas en hidroponía.....	11
2.4. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO.....	11
2.4.1. TEMPERATURA.....	12
2.4.2. LUZ.....	12
2.4.3. AGUA.....	12
2.4.4. PH.....	13
2.4.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	13

2.4.5.1. Conductividad eléctrica por cultivo	14
2.4.5.2. Vida útil de la solución	15
2.5. LAS HORTALIZAS EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS	16
2.6. CULTIVO DE ESPINACA	16
2.6.1. ORIGEN	16
2.6.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	17
2.6.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.....	17
2.6.3.1. Raíz	17
2.6.3.2. Tallo	17
2.6.3.3. Hoja	17
2.6.3.4. Flor e Inflorescencia.....	18
2.6.3.5. Fruta semilla.....	18
2.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO	18
2.6.5. VARIEDADES	18
2.6.5.1. Variedad Viroflay	18
2.6.5.2. Variedad Quinto.....	19
2.6.6. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	19
2.6.7. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	19
2.6.7.1. Temperatura.....	19
2.6.7.2. Humedad	20
2.6.7.3. Luminosidad.....	20
2.6.7.4. Riego	21
2.6.7.5. pH.....	21
2.6.8. MANEJO DEL CULTIVO.....	21
2.6.8.1. Siembra.....	21
2.6.8.1.1. Época de siembra.....	21
2.6.8.1.1.1. Siembra indirecta o almacigo.....	22
2.6.8.1.1.2. Siembra directa	22
2.6.8.2. Plagas y enfermedades.....	23
2.6.8.3. Fisiopatías	24
2.6.8.4. Cosecha.....	24
2.6.8.5. Conservación y almacenamiento	24
2.6.9. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA ESPINACA	25
2.6.10. COMERCIALIZACIÓN	25
2.6.11. CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	25
2.6.12. EMBALAJE Y PRESENTACIÓN	26
2.6.13. TRANSPORTE	26
3. MATERIALES Y METODOS	27

3.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	27
3.1.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	27
3.1.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMATICAS	28
3.1.3. VEGETACIÓN Y PECUARIA.....	28
3.2. MATERIALES.....	29
3.2.1. MATERIAL VEGETAL	29
a) Semilla de la variedad Viroflay	29
b) Semilla de la variedad quinto	29
3.2.2. MATERIAL DE CAMPO.....	29
3.2.2.1. Sales y minerales	29
3.2.2.2. Materiales para la reparación de la carpa	30
3.2.2.3. Materiales para la construcción de piscinas y módulo de contenedor de germinación.	30
3.2.2.4. Materiales para la construcción del sistema NFT	31
3.2.3. MATERIAL DE GABINETE.....	31
3.2.4. MATERIALES DE LABORATORIO.....	32
3.3. METODOLOGÍA	32
3.3.1. TRABAJO DE CAMPO	32
3.3.1.1. Instalación y reparación de la carpa	32
3.3.1.2. Instalación del sistema hidropónico NFT (Técnica de la película de nutrientes)	32
a) Excavación para el tanque de agua de 1000 L	32
b) Nivelación del suelo para la infraestructura	32
c) Nivelación del suelo para el sistema de retorno de agua	32
d) Construcción de la pirámide de madera	33
e) Construcción de los canales de cultivo	33
f) Elaboración de la cobertura de los canales de riego	33
g) Instalación del sistema de distribución	34
h) Instalación del sistema de retorno	34
i) Bomba de agua.....	34
j) Tubería recolectora	34
3.3.1.2.1. Pendiente	34
3.3.1.2.2. Manejo de la temperatura	35
3.3.1.2.2.1. Temperatura en carpa.....	35
3.3.1.2.2.2. Temperatura en la solución.....	35
3.3.1.3. Construcción de las bandejas de germinación o contenedores tipo piscina para las bandejas	35
3.3.1.4. Formulación de las soluciones nutritivas	36
3.3.1.4.1. Análisis del agua.....	36
3.3.1.4.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de la espinaca	36
3.3.1.4.3. Manejo del pH de la solución de nutrientes	37

3.3.1.4.4. Manejo de la conductividad eléctrica	37
3.3.1.5. Manejo del cultivo	38
3.3.1.5.1. Siembra	38
3.3.1.5.2. Trasplante	40
3.3.1.5.2.1. Preparación de la solución nutritiva para el primer trasplante	40
3.3.1.5.2.2. Primer trasplante	40
3.3.1.5.2.3. Preparación de la solución nutritiva para el trasplante definitivo	41
3.3.1.5.2.4. Trasplante definitivo	42
3.3.1.5.3. Manejo de las deficiencias nutricionales	43
3.3.1.5.4. Cosecha	43
3.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	43
3.3.2.1. Modelo estadístico	43
3.3.2.2. Formulación del tratamiento	44
3.3.2.3. Superficie experimental	44
3.3.2.3.1. Croquis del experimento	45
3.3.2.4. Variables de respuesta	45
3.3.2.4.1. Porcentaje de germinación	45
3.3.2.4.2. Porcentaje de prendimiento	46
3.3.2.4.3. Número de hojas por planta	46
3.3.2.4.4. Ancho de la hoja	46
3.3.2.4.5. Largo de la hoja	46
3.3.2.4.6. Área foliar de la planta	46
3.3.2.4.7. Volumen de la raíz	47
3.3.2.4.8. Peso fresco de la planta completa	47
3.3.2.4.9. Peso fresco de la parte comestible de la planta	47
3.3.2.4.10. Análisis económico	47
a) Beneficio bruto (BB)	47
b) Costos variables (CV)	48
c) Costos fijos (CF)	48
d) Costos totales	48
e) Beneficio neto (BN)	48
f) Relación beneficio/costo (BC)	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	50
4.1. VARIABLES DE RESPUESTA EN ALMACIGO	50
4.1.1. COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	50
4.2. VARIABLES DE RESPUESTA EN SISTEMA DE FLUJO LAMINAR DE NUTRIENTES (NFT)..	51
4.2.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO PROMEDIO EN EL SISTEMA (NFT).....	51
4.2.1.1. Comparación de medias para el porcentaje de prendimiento	53

4.2.2. NÚMERO DE HOJAS EN EL SISTEMA (NFT)	54
4.2.3. ANCHO DE LA HOJA EN EL SISTEMA (NFT)	57
4.2.4. LARGO DE LA HOJA EN EL SISTEMA (NFT)	61
4.2.5. ÁREA FOLIAR DE LA PLANTA EN EL SISTEMA (NFT)	64
4.2.6. VOLUMEN DE RAÍZ EN EL SISTEMA (NFT)	68
4.2.7. PESO FRESCO DE LA PLANTA COMPLETA	72
4.2.8. PESO FRESCO DE LA PARTE COMESTIBLE DE LA PLANTA.....	74
4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	79
4.3.1. RENDIMIENTO AJUSTADO.....	79
4.3.2. BENEFICIO BRUTO.....	80
4.3.3. COSTOS VARIABLES.....	80
4.3.4. COSTOS FIJOS.....	81
4.3.5. COSTOS TOTALES	82
4.3.6. BENEFICIO NETO	82
4.3.7. RELACIÓN BENEFICIO COSTO (Bs/AÑO).....	83
5. CONCLUSIONES.....	85
6. RECOMENDACIONES	88
7. BIBLIOGRAFIA.....	89
7.1. LITERATURA CONSULTADA.....	89
7.2. SITOS WEB CONSULTADOS.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Detalle de las cantidades de los nutrientes _____	36
Cuadro 2. Detalle de las cantidades de los nutrientes para 60 L _____	40
Cuadro 3. Detalle de las cantidades de los nutrientes para 300 L _____	41
Cuadro 4. Anva para el porcentaje de prendimiento del cultivo de espinaca _____	52
Cuadro 5. Anva para el número promedio de hojas del cultivo de espinaca _____	54
Cuadro 6. ANVA ancho de la hoja del cultivo de espinaca _____	57
Cuadro 7. ANVA del largo promedio de la hoja del cultivo de espinaca _____	61
Cuadro 8. ANVA del área foliar por planta del cultivo de espinaca _____	65
Cuadro 9. ANVA volumen de raíz por planta del cultivo de espinaca _____	68
Cuadro 10. ANVA del peso fresco por planta del cultivo de espinaca _____	72
Cuadro 11. ANVA de peso fresco comestible por planta del cultivo de espinaca _____	75
Cuadro 12. Rendimiento ajustado por campaña _____	79
Cuadro 13. Beneficio bruto anual _____	80
Cuadro 14. Costos variables por variedades (Bs/año) _____	81
Cuadro 15. Costos fijos por variedades (Bs/año) _____	81
Cuadro 16. Costos totales por variedades (Bs/año) _____	82
Cuadro 17. Beneficio neto anual _____	82
Cuadro 18. Beneficio/costo _____	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas hidropónicos _____	5
Figura 2. Croquis de área de la investigación _____	27
Figura 3. Datos de temperatura del centro experimental de cota cota _____	28
Figura 4. Croquis del experimento _____	45
Figura 5. Comparación de medias entre tipos de almacigo para el porcentaje de germinación vs variedades x tipo de almacigo _____	50
Figura 6. Comparación de medias para el porcentaje promedio de prendimiento en las dos variedades _____	53
Figura 7. Comparación de medias del promedio de número de hojas para densidades _____	56
Figura 8. Comparación de medias del promedio de número de hojas para variedades _____	57
Figura 9. Comparación de medias del promedio de ancho de hoja para densidades _____	60
Figura 10. Comparación de medias promedio para el ancho de la hoja _____	60
Figura 11. Comparación de medias del promedio de largo de hoja para densidades _____	63
Figura 12. Comparación de medias del largo de hoja para variedades _____	64
Figura 13. Comparación de medias para el índice de área foliar de la hoja para densidades _____	66
Figura 14. Comparación de medias del índice de área foliar para variedades _____	68
Figura 15. Comparación de medias para densidades del volumen radicular _____	70
Figura 16. Comparación de medias del volumen radicular de la raíz para variedades _____	71
Figura 17. Comparación de medias para el peso completo en densidades _____	73
Figura 18. Comparación de medias del peso fresco para variedades de la planta completa _____	74
Figura 19. Comparación de medias para el peso comestible en densidades _____	77
Figura 20. Comparación de medias para el peso comestible en variedades _____	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Macronutrientes y micronutrientes _____	8
Tabla 2. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas _____	9
Tabla 3. Soluciones nutritivas y sus concentraciones _____	11
Tabla 4. Niveles de ph para los diferentes tipos de cultivo _____	13
Tabla 5. Niveles de conductividad eléctrica por cultivo _____	15
Tabla 6. Cantidades de ácidos y bases para ajustar el ph _____	15
Tabla 7. Clasificación taxonómica _____	17
Tabla 8. Características del cultivo de espinaca _____	18
Tabla 9. Efecto de la temperatura del suelo en la germinación y tiempo de emergencia en semillas de espinaca. _____	20
Tabla 10. Composición nutritiva de la espinaca por 100 g de producto comestible _____	25
Tabla 11. Descripción de la combinación de los tratamientos _____	44
Tabla 12. Descripción de la superficie de la carpa y experimento _____	44
Tabla 13. Análisis estadístico Duncan de las densidades de siembra respecto al número de hojas promedio _____	55
Tabla 14. Análisis estadístico Duncan de las densidades de siembra respecto al ancho promedio de la hoja _____	58
Tabla 15. Comparaciones Duncan entre densidades para el largo de la hoja del cultivo de espinaca _____	62
Tabla 16. Comparaciones Duncan entre variedades para el largo de la hoja del cultivo de espinaca _____	63
Tabla 17. Comparaciones Duncan entre densidades para el área foliar de la hoja del cultivo de espinaca _____	66
Tabla 18. Comparaciones Duncan entre variedades para el índice de área foliar del cultivo de espinaca _____	67
Tabla 19. Comparaciones Duncan entre densidades para el volumen radicular del cultivo de espinaca _____	69
Tabla 20. Comparaciones Duncan para el volumen radicular en variedades _____	71
Tabla 21. Comparaciones Duncan entre densidades para el peso de la planta completa del cultivo de espinaca _____	73

Tabla 22. Comparaciones Duncan entre variedades para el peso de la planta completa del cultivo de espinaca _____	74
Tabla 23. Comparaciones duncan entre densidades para el peso comestible de la planta completa del cultivo de espinaca _____	76
Tabla 24. Comparaciones Duncan entre variedades para el peso fresco comestible del cultivo de espinaca _____	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reparación y instalación del sistema NFT _____	95
Anexo 2. Preparación del almácigo en bandejas flotantes _____	96
Anexo 3. Siembra en almácigos flotantes _____	97
Anexo 4. Preparación del sustrato inerte _____	98
Anexo 5. Siembra en sustrato inerte _____	99
Anexo 6. Primer trasplante a piscinas de aclimatación _____	100
Anexo 7. Comportamiento de las plantas en almácigo _____	101
Anexo 8. Preparación de las soluciones nutritivas _____	101
Anexo 9. Verificación del correcto funcionamiento y limpieza del sistema NFT ____	102
Anexo 10. Trasplante definitivo al sistema NFT _____	103
Anexo 11. Monitoreo del crecimiento de las plantas _____	104
Anexo 12. Toma de datos según las variables de respuesta _____	105
Anexo 13. Análisis químico del agua potable de la estación experimental de cota cota _____	108
Anexo 14. Composición del fertilizante plant- prod 15-15-30 _____	109
Anexo 15. Presupuesto para la piscina contenedora _____	109
Anexo 16. Presupuesto para la construcción de bandejas para germinación _____	109
Anexo 17. Presupuesto del sistema hidropónico recirculante “NFT” _____	110
Anexo 18. Cálculo para la depreciación _____	111
Anexo 19. Análisis económico para un año de producción (9 campañas) _____	111

RESUMEN

El crecimiento de la población en áreas urbanas y rurales trae como consecuencia una demanda de hortalizas y verduras que llenen estándares de calidad, esta demanda puede ser solventada produciendo el cultivo de espinaca en forma intensiva y en espacios reducidos haciendo uso de la técnica hidropónica conocida como Técnica de Solución Nutritiva Recirculante (NFT), con la que se hace posible obtener productos finales de alta calidad.

El objetivo de la presente investigación fue de: evaluar dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema NFT, en ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota.

Para alcanzar el objetivo planteado se utilizó el diseño de Cuadrado Latino con arreglo bifactorial, que consto de 8 tratamientos y 64 unidades experimentales. Los factores estudiados fueron: Variedades de espinaca (Quinto y Viroflay) y densidades de trasplante (D1 = 15 cm x 15 cm; D2 = 20 cm x 20 cm; D3 = 25 cm x 25 cm y D4 = 30 cm x 30 cm).

Como también se planteó 10 variables de respuesta las cuales fueron: porcentaje de germinación, porcentaje de prendimiento, número de hojas, ancho de hoja, largo de la hoja, área foliar, volumen de la raíz, peso fresco, peso fresco comestible, análisis económico.

Los resultados indicaron que la variedad Quinto presentó un rendimiento de 55,6 g/planta (2,86 kg/m²), este rendimiento fue superior a la variedad Viroflay que obtuvo un rendimiento de 52,39 g/planta (2,69 kg/m²).

La cosecha fue realizada a los 67 días, de los cuales estuvo en almacigo 20 días y en los contenedores de crecimiento 3 días y en el sistema de flujo laminar de nutrientes durante 44 días. Mediante este ciclo de producción se puede obtener 9 campañas por año de espinaca hidropónica.

Para la relación beneficio/costo, la variedad Quinto (D1 = 15 cm x 15 cm) fue la que presento mayor ganancia, con una relación de beneficio costo de 1,33 Bs a diferencia de la variedad Viroflay que obtuvo de 1,25 Bs.

SUMMARY

Population growth in urban and rural areas results in a demand for vegetables and vegetables that meet quality standards, this demand can be solved by producing spinach cultivation intensively and in small spaces using the hydroponic technique known as the Recirculating Nutrition Solution Technique (NFT), with which it becomes possible to obtain high quality final products.

The objective of the present research was to: evaluate two varieties of spinach (*Spinacea oleracea* L.) with different planting densities in the NFT system, in a temperate environment at the Cota Cota Experimental Center.

In order to reach the objective, we used the Latin Quadrant design with bifactorial arrangement, consisting of 8 treatments and 64 experimental units. The factors studied were: Spinach (Quinto and Viroflay) and transplant densities (D1 = 15 cm x 15 cm, D2 = 20 cm x 20 cm, D3 = 25 cm x 25 cm and D4 = 30 cm x 30 cm).

In addition, 10 response variables were determined: germination percentage, stunting percentage, number of leaves, leaf width, leaf length, leaf area, root volume, fresh weight, edible fresh weight, economic analysis.

The results indicated that the Quinto variety presented a yield of 55,6 g / plant (2.86 kg/m²), this yield was superior to the Viroflay variety that obtained a yield of 52,39 g/plant (2,69 kg/M²). The harvest was carried out at 67 days, of which was in storage 20 days and in the containers of growth 3 days and in the laminar flow system of nutrients for 44 days.

Through this production cycle you can get 9 campaigns per year of hydroponic spinach. For the benefit / cost ratio, the Quinto variety (D1 = 15 cm x 15 cm) was the one with the highest gain, with a cost benefit ratio of 1,33 Bs, unlike the Viroflay variety obtained from 1,25 Bs.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial, la agricultura hidropónica viene adquiriendo gran importancia social para la seguridad que ofrece a la salud humana y al medio ambiente, donde la agricultura hidropónica es de gran manera una alternativa para producir altos rendimientos en espacios reducidos y con menor cantidad de agua. Según investigaciones anteriores se determinó que la producción en hidroponía incremento en su rendimiento hasta en el doble de lo habitual ya que pasaría a ser una gran ventaja para los consumidores y productores.

Por otro lado, en las últimas décadas el recurso suelo ha sido deteriorado por el abuso de explotación y aplicación de sobredosis de fertilizantes químicos su uso de plaguicidas, afectando la sostenibilidad del recurso suelo generando pobreza para los agricultores y finalmente el desequilibrio del ecosistema.

El deterioro progresivo de los suelos agrícolas, en general, debido a una sobreexplotación, exceso de fertilización, contaminación por pesticidas y una salinización cada vez más extendidas, está obligando a los agricultores, sobre todo en países desarrollados a optar por el uso de tecnologías adecuadas para dar solución a dichos problemas; además de economizar, los cada vez más escasos, recursos hídricos.

La tierra es un sustrato clásico para el cultivo. Ofrece sostén, mantiene humedad y tiene los nutrientes propios del suelo en el que se desarrolla el cultivo. Sin embargo, el flujo de oxígeno no es bueno, se pueden transmitir enfermedades bacterianas y virales además se presentan nematodos y factores como la erosión y contaminación del suelo como también de aguas subterráneas.

Esos problemas no se presentan en la hidroponía, porque el sustrato que se usa en la hidroponía solo ofrece sostén y la capacidad de mantener la humedad y oxigenación de las raíces de las plantas. No aporta nutrientes y es sencillo lograr que esté libre de contaminación, plagas y enfermedades.

Teniendo como ventajas la manipulación, control inmediato, así mismo dando la facilidad a los agricultores en regiones limitadas de precipitación, suelos no aptos para la agricultura y de climas adversos, como una estrategia productiva de importancia para las zonas rurales del Altiplano y Valles.

Sin embargo se tiene como desventaja, los costos que se dan a inicio, como la variación del pH que afecta de manera directa al cultivo.

Los nutrientes están en el agua (Hydro) que se usa como solución nutritiva, el cual está compuesto por macronutrientes (solución A) y micronutrientes (solución B), de la hidroponía.

El sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente) está siendo implementado, en sus distintas formas, especialmente en zonas áridas de América Latina para la producción de especialmente, especies de hoja a gran y mediana escala, pues es considerada como un sistema de producción agrícola apto para la siembra de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales. En Bolivia, estos sistemas de producción se vienen utilizando aún a pequeña escala, pero tienen mucha proyección para el futuro, por las mejoras y ventajas que ofrecen al productor.

Según estudios realizados se menciona que se obtuvo altos rendimientos en cultivo de lechuga, a la vez se tiene un mayor número de plantas por m².

También en otro tipo de sistemas de hidroponía se produce otros cultivos como ser: acelga, espinaca, papa, coles, etc., que facilita el incremento del rendimiento y buenas características en su aspecto dando un costo adicional en el mercado.

Durante la investigación se rescató que el cultivo hidropónico en sistema NFT es una buena alternativa para reducir los espacios e incrementar los rendimientos, sin embargo no deja de ser difícil ya que se debe de aplicar cuidados necesarios y estar todo el tiempo pendiente del funcionamiento.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Evaluar dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) a diferentes densidades de trasplante en sistema NFT, en ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del sistema NFT, en el rendimiento de dos variedades de espinaca con diferentes densidades de trasplante.
- Establecer el comportamiento agronómico hasta el rendimiento de las dos variedades de espinaca con diferentes densidades de trasplante.
- Realizar el análisis beneficio costo preliminar respecto del sistema NFT, con distintas densidades de trasplante en dos variedades estudiadas.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Cultivo hidropónico

La palabra Hidroponía se deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente el trabajo en el agua. La hidroponía, en términos estrictos, es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo (Universidad Agraria La Molina, 2007).

La tierra tiende a menudo a llevar agua y nutriente lejos de las plantas lo cual vuelve la aplicación de cantidades correctas de fertilizantes un trabajo muy difícil. En el cultivo de hidroponía, los nutrientes necesarios se disuelven en agua y esta solución se aplica a las plantas en dosis exactas en los intervalos prescritos (Sánchez (2004)

Los sistemas hidropónicos en NFT crecen en líneas de producción de sección circular o rectangular de material plástico, en ellos se perforan los orificios necesarios para plantar los plantines a la línea, a través de los cuales se les entrega a las plantas una lámina de solución nutritiva que posteriormente es suministrada todos los

nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y desarrollo de las mismas. Además se debe de rescatar que dicha lámina de nutrientes es poco profundo en esta técnica, lo que favorece la oxigenación de la solución y la diferenciación de otros sistemas hidropónicos (Birgi, 2015).

Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica (Guzman, 2004).

Los cultivos hidropónicos presentan un gran avance en la técnica y pueden ser utilizados tanto en medianas como en pequeñas explotaciones, las mismas presentan bastantes ventajas sobre los cultivos clásicos en tierra (Penningsfeld, 1983).

2.1.1. Sistemas hidropónicos

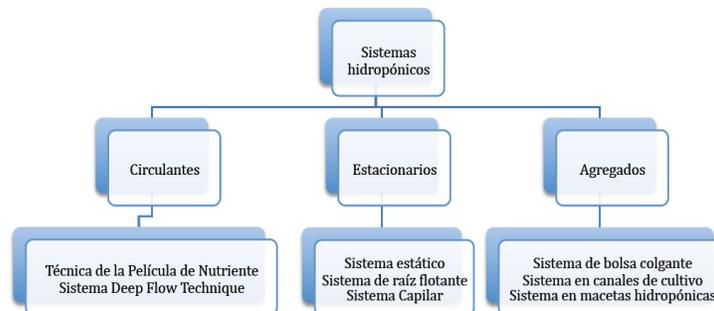
Un sistema hidropónico es un sistema aislado del suelo utilizado para cultivar diversas hortalizas, cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos nutricionales que necesita dicha planta a través del agua o de una solución nutritiva (Arrollo, 2002 citado por Gutiérrez, Hernández y Silvano, 2009).

Éste tipo de cultivo tiene como objetivo reducir los factores que afectan al crecimiento vegetal en relación a las características del suelo (Arrollo, 2002 citado por Gutiérrez, Hernández y Silvano, 2009).

Los sistemas hidropónicos se clasifican en abiertos y cerrados. En los sistemas abiertos los excesos de agua salen del sistema como desechos a través de drenajes, mientras que en los sistemas cerrados la solución nutritiva recircula con una mínima pérdida (Hidroponía, en línea).

Los sistemas hidropónicos se clasifican de la siguiente manera, proporcionados por Gutiérrez, Hernández y Silvano, (2009)

Figura 1. Sistemas hidropónicos



Fuente: Gutiérrez, Hernández y Silvano, (2009)

2.1.2. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico

Para poder iniciar una producción continua en hidroponía se debe de tomar en cuenta las ventajas y desventajas que nos pueden traer, posterior a ello darle una posible solución.

Las mayores ventajas del cultivo hidropónico frente al tradicional son una mayor eficiencia en la regulación de nutrición, su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables, una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, más fácil y bajo costo de desinfección del medio, así como una mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento de cosecha por área (Sánchez, 2004).

Para Sanchez (2009), menciona las siguientes ventajas y desventajas.

2.1.2.1. Ventajas del cultivo hidropónico

- Cultivo libre de parásitos, bacterias hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Permite la producción de semilla certificada.
- Independencia de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas fuera de estación.

- Menos espacio y capital para una mejor producción.
- Ahorro del agua, porque el agua se puede reciclar.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- Se evita la maquina agrícola (tractores, rastras, etc.).
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Alto porcentaje de automatización.
- Rápida recuperación de la inversión.
- Se puede cultivar en ciudades, zonas áridas o frías.
- Ayuda a eliminar parte de la contaminación por que la hidroponía no utiliza maquinaria agrícola.

2.1.2.2. Desventajas del cultivo hidropónico

- Costo inicial alto.
- Es necesario entrenamiento así como conocimiento total de las plantas para operar este sistema.
- Es necesario contar con equipos indispensables para una producción continua.
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse rápidamente.
- La materia orgánica y los animales benéficos del suelo están ausentes.
- Las plantas reaccionan rápidamente tanto a buenas como a malas condiciones.
- Las variedades de plantas disponibles no son siempre las mejores.

2.2. Sistema NFT

Esta técnica es conocida como NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de la Película Nutriente). Es muy utilizada en el mundo principalmente para el cultivo de hortalizas de hojas como berros, lechugas, acelgas y especias como albahaca y menta, aunque también se producen frutos como chile dulce, tomate y pepino, entre otros (Soto, 2006).

El sistema NFT es una técnica cultural en donde las plantas son cultivadas con su sistema radicular sumergido en una lámina de agua, por la cual circula continuamente la solución nutritiva (Resh, 1978). En el caso de la hidroponía, las raíces están adaptadas para respirar bajo el agua, absorber nutrientes, crecer y desarrollarse (Arrollo, 2002 citado por Gutiérrez, Hernández y Silvano, 2009).

Las funciones de la lámina de agua son dos: evitar que la solución nutritiva esté lejos de las raíces y favorecer la aireación (Noguera, 1993).

La NFT (técnica de la película de nutriente) comprende una serie de diseños, cuyo principio básico es la continua circulación de una lámina muy delgada de solución nutritiva a través de las raíces de las plantas (Sánchez y Escalante, 1998). Además, por utilizar una delgada lámina de solución nutritiva, la estructura de la instalación puede ser más liviana comparada con otros sistemas hidropónicos, lo que permite reducir los costos de mantenimiento e instalación (Noguera, 1993).

La ventaja del sistema NFT (Nutrient Film Technique), que resalta en comparación con otros sistemas hidropónicos, es la alta calidad obtenida en los diferentes productos hortícolas (Izquierdo, 2003).

Debido al corto período de cultivo, la constante circulación de agua y elementos minerales permiten a la planta crecer sin estrés. Además, es posible obtener adelantamiento en la producción lo cual los sobrelleva a un mejor precio en los mercados (Izquierdo, 2003).

2.3. Nutrición de las plantas

Según Resh (1997), Las plantas como los animales y seres humanos requieren alimento para su desarrollo y crecimiento, estos alimentos están compuestos por ciertos elementos químicos a menudo requeridos como elementos alimenticios o nutricionales de la planta.

Para la preparación de la solución nutritiva se recomienda utilizar productos que presentan una alta solubilidad, una mayor pureza y que introduzcan una menor cantidad de elementos que pueden ser tóxicos para las plantas (Maldonado, 1994).

Por su parte Resh (1978), indica que de los 116 elementos naturales que se conocen, solamente 16 son esenciales para el crecimiento de las plantas en diferentes proporciones. Los 16 elementos considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas, se dividen en macronutrientes, requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes, requeridos en menor cantidad.

Tabla 1. Macronutrientes y micronutrientes

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

Fuente: (Izquierdo, 2003)

La solución de nutrientes en un sistema NFT debe circular las 24 horas, por lo que es recomendable el uso de una bomba con controlador de tiempo (Alpizar, 2004).

2.3.1. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

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 la raíces. El déficit de solo uno de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el cultivador.

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 según (Huterwal, 1991).

Tabla 2. Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

Elemento	Absorbido en forma	Funciones
Nitrógeno	NO ₃ y NH ₄	Da el color verde intenso a las plantas. Fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción de hojas. Mejora la calidad de las hortalizas.
Fosforo	P ₃ O ₅	Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas.
Potasio	K ₂ O	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.
Calcio	Ca O	Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas.
Magnesio	Mg O	Es 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 las plantas.
Cobre	Cu	El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.

Boro	B	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.
Hierro	Fe	No forma parte de la clorofila, pero está ligado con su biosíntesis.
Magnesio	Mg	Acelera la germinación y la maduración. Aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y el fosforo. Cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.
Molibdeno	Mo	Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

Fuente: Huterwal (1991).

2.3.2. Nutrientes

De los 116 elementos naturales que se conocen, solamente 60 de ellos han sido encontrados en diversas plantas, no obstante muchos de estos no se consideran esenciales para el crecimiento, solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas (Resh, 1987)

Con el método Hidropónico la planta debe encontrar las mismas condiciones ambientales que le ofrece la naturaleza, y si es posible, facilitárselas superándolas como, de hecho, así ocurre, con lo cual las reacciones químicas en el interior del tejido vegetal quedaran facilitadas, la solución nutritiva es el fundamento de la Hidroponía (Huterwal, 1991).

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

agrega al medio en proporciones inadecuadas, estos efectos pueden ser tóxicos para la planta (Sánchez, 2004).

2.3.2.1. Soluciones utilizadas en hidroponía

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

En el cuadro siguiente se puede observar las siguientes soluciones recomendadas por diferentes tipos de autores.

Tabla 3. Soluciones nutritivas y sus concentraciones

Autores	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Bo	Zn	Cu	Mo
Furiani, (1998)	198	39	183	142	38	52	2	0,4	0,3	0,06	0,02	0,06
La Molina, (2001)	154	36	260	150	45	70	1	0,5	0,5	0,15	0,15	0,01
Morgan, (1999)	141	25	96		151	25	33	2,5	1	0,45	0,06	0,05
Resh, (2001)	190	50	210	200	40	113	5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,05

Fuente: Rodríguez, Hoyos, y Chang, (2002).

La solución debe circular entre 1 a 2 L/min y no debe permanecer por más de tres a cuatro semanas en el sistema (Orellana, 2002).

La práctica de desechar la solución vieja no es conveniente, pues resulta antieconómica. Podría utilizarse, previo análisis químico, en los cultivos convencionales (Hidroponía, 2016).

2.4. Factores ambientales que influyen en el cultivo hidropónico

Uno de los aspectos más importantes es tomar en cuenta la temperatura de la solución.

2.4.1. Temperatura

La temperatura de la solución es un punto crítico, si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también, esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado, también existen problemas cuando la temperatura es muy alta lo cual afecta la absorción mineral, el mejor rango de temperatura está entre 18 a 25 °C para la mayoría de los cultivos (Barry, 2000).

Se recomienda llevar la solución a unos 20 °C, y que la temperatura misma no supere en mucho la del aire, una excesiva temperatura de la solución no supone ningún inconveniente para las plantas, pero provoca fenómenos no deseados de precipitación de sales minerales en la solución. Por otra parte, la capacidad de un líquido para retener y absorber el oxígeno disminuye con el aumento de temperatura. Esto puede tener efectos negativos, sobre todo en sustratos pobres en aire (Fossati, 1986).

2.4.2. Luz

Las plantas pueden funcionar normalmente si sus raíces están expuestas a la luz del día, siempre que podamos conseguir un 100% de humedad relativa en esta, no obstante, la luz dará lugar al crecimiento de las algas, lo cual interferirá con el crecimiento de las plantas, puesto que dará lugar a una competencia en la toma de nutrientes (Resh, 1987).

2.4.3. Agua

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 (Gilsanz, 2007).

Las aguas naturales contienen en general oligoelementos en 0cantidad tal como para no tener que preocuparse por estos minerales secundarios, esto no obstante,

deberemos pensar siempre en la posibilidad de insuficiencia de hierro. Si se trata de aguas manantiales, ríos, lagos o pantanos es necesario, antes de usarlas, asegurarse de su composición. Generalmente no son deficitarias en oligoelementos, pero a veces se corre el riesgo de que no sean idóneas para el cultivo a causa de su alto contenido de elementos extraños y nocivos (Fossati, 1986).

En todos los casos se recomienda realizar análisis de agua, para cualquier implementación de un sistema hidropónico, ya que estas pueden contar con diferentes concentraciones de cualquier partícula o elemento.

2.4.4. pH

El rango conveniente de pH que permite a las plantas una absorción adecuada de los elementos nutritivos sin riesgo de carencias de ninguno de ellos es de 6,5 (Guzmán 2004).

El rango conveniente de pH que permite a las plantas una absorción adecuada de los elementos nutritivos sin riesgo de carencias de ninguno de ellos es de 6,5 (Guzmán 2004).

Conocer el pH que rodea a las raíces es de extrema importancia para el adecuado crecimiento de las plantas. La mayoría de las plantas crecen muy bien con una solución nutritiva que tenga un pH de 5,0 a 6,5 (Bautista, 2000).

Tabla 4. Niveles de ph para los diferentes tipos de cultivo

6,7-7,0	Apio, Coliflor, Esparrago, Cebolla, Repollo, Zanahoria, Espinaca , Habas, Rabanos	Neutra
---------	--	--------

Fuente: Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral (2010).

2.4.5. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica, el agua

pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica (Alvarez,1999).

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua; las sales en el agua se disuelven en iones con carga positiva e iones con carga negativa, que conducen electricidad, el agua destilada no contiene sales disueltas y, por lo tanto, no conduce la electricidad y tiene una conductividad eléctrica cercana a cero (Resh, 1987).

La conductividad eléctrica (CE) mide la concentración de sales disueltas en el agua y el valor se expresa en ms/cm, este valor multiplicado por un factor de corrección 0,7 o 0,9 en función de la calidad del agua, nos permite conocer de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/L. La CE expresa la capacidad para conducir la corriente eléctrica (Baixauli; Aguilar, 2002).

Las plantas van consumiendo los nutrientes proporcionados, lo cual significa que la conductividad eléctrica también irá descendiendo hasta que la solución ya no contenga la cantidad necesaria para el crecimiento de las plantas, ya es necesario el cambio o el aumento de nutrientes (Resh, 1987).

2.4.5.1. Conductividad eléctrica por cultivo

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 a 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 (Gilsanz, 2007).

En el siguiente cuadro se detalla cual es la conductividad eléctrica recomendada para los diferentes tipos de cultivos.

Tabla 5. Niveles de conductividad eléctrica por cultivo

Cultivo	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	Tolerancia a la salinidad
Betarraga	2,7	Tolerante
Brócoli	1,9	Moderadamente sensible
Tomate	1,7	Moderadamente sensible
Lechuga	0,9	Moderadamente sensible
Cebolla	0,8	Sensible
Zanahoria	0,7	Sensible
Poroto	0,7	Sensible
Apio	1,2	Moderadamente sensible
Espinaca	1,3	Moderadamente sensible
Zapalillo italiano	3,1	Tolerante
Maíz	1,1	Moderadamente sensible
Arroz	2	Moderadamente sensible
Trigo	4	Tolerante
Cebada	5,3	Tolerante

Fuente: Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral (2010).

2.4.5.2. Vida útil de la solución

La vida útil de la solución nutritiva dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y el nivel de agua, como también se tiene rangos de 10 a 15 días, según el suministro de nutrientes de un cultivo (Urey, 2007).

Para ajustar el pH cuando sube o baja se debe de tomar en cuenta las diferentes opciones que se verán a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 6. Cantidades de ácidos y bases para ajustar el ph

Compuesto	Peso Molecular	Cantidad por litro	Concentración
Hidróxido de potasio (KOH)	56,09	56,09 g	1 N
Ácido clorhídrico 37%(HCL)	36,47	82,83 ml	1 N
Acido fosforito 85% (H3PO4)	98	22,70 ml	1 N
Ácido nítrico 65% (HNO3)	63	69,23 ml	1 N
Ácido sulfúrico 85% (H2SO4)	98	31,36 ml	1 N

Fuente: Rodríguez, Hoyos, y Chang, (2002)

2.5. Las hortalizas en cultivos hidropónicos

La producción elevada y anticipada de cultivos hortícolas (lo que se denomina tradicionalmente cultivos fuera de estación) ha llevado a la búsqueda y perfección de sistemas que permitan este tipo de cultivos aun cuando las condiciones ambientales resulten desfavorables (Enciclopedia de la Agricultura y Ganadería Océano, 2007).

Para poner en práctica dichos sistemas de producción, que recibe el nombre de semiforzada o forzada, son precisos una serie de elementos especiales, tales como: semilleros, invernaderos, sistemas hidropónicos, sistemas de riego y fertilización, sustratos, y especialmente especies y variedades de hortalizas que se adapten bien a estos sistemas, (Enciclopedia de la Agricultura y Ganadería Océano, 2007).

La lechuga es la principal especie de hoja cultivada en el sistema "NFT", ya que es posible obtener lechugas de alta calidad en varias cosechas al año (FAO, 1996).

Estudios realizados en Cochabamba – Bolivia por Urey (2007), donde se realizó la producción de lechuga en el sistema hidropónico de flujo laminar de nutrientes, determinaron que económicamente la variedad Crespa muestra una relación Costo/Beneficio de 22,99% y una utilidad neta de 294 Bs/50 m², seguido por la variedad Romana con una relación C/B de 24,91% y una utilidad neta de 244,92 Bs/50 m²; y por último la variedad Blanca con una relación C/B de 33,96% y una utilidad neta de 84,92 Bs/50 m², por las condiciones de poder producir de 9 a 10 veces año, y ser un producto de alta calidad sanitaria.

2.6. Cultivo de espinaca

2.6.1. Origen

Su origen está centrado en el sudoeste asiático, fue introducida en España por los árabes en el siglo XI y posteriormente a Europa, siendo citadas sus semillas en el siglo XIII por Alberto Magno definen que las primeras variedades eran de fruto espinoso, mientras que las de fruto liso no parecen hasta el siglo XVI (Borrego, 1995).

2.6.2. Clasificación taxonómica

Para la clasificación taxonómica según: Vigliola (2003).

Tabla 7. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub clase:	Caryophyllidae
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	Spinacea
Nombre científico:	<i>Spinacea oleracea</i> L.
Nombre común:	Espinaca

Fuente: Vigliola (2003).

2.6.3. Características botánicas

2.6.3.1. Raíz

Pivotante poco ramificada y de desarrollo radicular superficial. En los primeros estadios de crecimiento presenta una roseta de hojas con tallo corto; la duración de la misma depende de factores ambientales como temperatura, radiación y fotoperiodo. Alcanza una altura de entre 15 a 25 cm. Posteriormente, la planta desarrolla un escapo floral que puede tener una altura variable de 0,30 a 1 m de longitud (Maroto, 1995).

2.6.3.2. Tallo

El tallo es corto y rudimentario, llegando a medir de 5 a 10 cm (Maroto, 1995).

2.6.3.3. Hoja

Son de color verde oscuro, brillante u opaco pálido, pecioladas, con un limbo o lámina 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 (Maroto, 1995).

2.6.3.4. Flor e Inflorescencia

Son muy pequeñas y verdosas. Es una planta esencialmente dioica que puede adquirir numerosas formas sexuales que van desde la aparición de individuos completamente masculinos a otros completamente femeninos, pasando a través de casos intermedios. Las flores masculinas aparecen en espigas terminales, las flores femeninas aparecen en la parte inferior del tallo, mientras que las hermafroditas lo hacen en el centro del tallo. Las ramas florales tienen hojas bien desarrolladas en toda su longitud y llevan flores masculinas y femeninas en proporción variable (Sarli, 1980; Vigliola, 2003).

2.6.3.5. Fruta semilla

Es un aquenio, el cual es considerado como semilla, de forma algo comprimido, liso o membranoso en unas variedades (var. *inermes*) y espinosos en otras (var. *spinosa*). Las semillas son de color gris verdoso, de superficie rugosa, característica que se destaca más al envejecer (Maroto, 1995; Castagnino, 2009). Como término medio tiene una capacidad germinativa de cuatro años. El peso de mil semillas es de aproximadamente 10 g.

2.6.4. Características del cultivo

Tabla 8. Características del cultivo de espinaca

Días de germinación	7-12 días
Distancia entre plantas	45-50 cm
Duración de la primera cosecha	45-50 días
Ciclo de vida	3-5 meses
Numero de cosecha	4-6 cosechas
Rendimiento por surco de 30,5 m	18,4 kg

Fuente: Vigliola, (2003)

2.6.5. Variedades

2.6.5.1. Variedad Viroflay

Es resistente a la humedad y al frío, de ciclo precoz y de gran productividad. Hojas grandes, de pecíolo largo, forma oval - lanceolada, color verde, consistencia media y

poco globosa, puede empezar a cosecharse a los 45 a 50 días de su siembra, estando en aprovechamiento mucho tiempo sin endurecerse, (Serrano, 1980).

2.6.5.2. Variedad Quinto

Esta variedad es resistente al frío, precoz, de alto rendimiento, hojas grandes y succulentas (Unterladstatter, 2000).

2.6.6. Requerimientos nutricionales

Las dosis de abono que se aplique al cultivo de espinaca dependerán de la fertilidad del suelo, pueden recomendarse las cantidades siguientes: 250 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ y 200 kg/ha de K₂O (Marulanda, 2003).

Las plantas que más exigen el abono con estiércol son: coles, alcachofas, patatas, berenjenas, apio, espinaca y las cucurbitáceas (Ruiz, 1993 citado por Quelali, 2000)

Las dosis de abonado que se aplique dependerán de la fertilidad del suelo, pueden recomendarse las cantidades siguientes: 75 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 100 kg/ha de K₂O (Serrano, 1976)

El mismo autor señala que, cuando se trata de cultivo intensivo en ambiente atemperado y la recolección de hojas se escalonadamente, las dosis son: 150 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ y 150 kg/ha de K₂O.

2.6.7. Requerimientos climáticos

Según MAROTO (1989), la espinaca es una planta preferentemente de clima templado y el mejor producto se obtiene durante las estaciones frescas.

2.6.7.1. Temperatura

Es una especie cuyo cero vegetativo es de 5 °C, no soporta temperaturas demasiado altas y en términos generales resiste temperaturas bajas extremas. Además, se señala que los óptimos térmicos para el desarrollo de esta especie fluctúan entre los 15 °C a 18 °C (MAROTO, 1989 y LESTRANGE *et al.*, 2001). Para lo cual se verá en el cuadro 9, a detalle los rangos de temperatura.

Tabla 9. Efecto de la temperatura del suelo en la germinación y tiempo de emergencia en semillas de espinaca.

Temperatura (°C)	Germinación (%)	Días a emergencia
0	83	63
5	96	23
10	91	12
15	82	7
20	65	6
25	50	5
30	30	6
35	0	0

Fuente: Harrington y Minges (1954), citados por RUBATZKY Y YAMAGUCHI (1997).

Leñano (1973), indica que debemos hacer constar que la espinaca puede soportar fríos inferiores a los 0 °C; y únicamente al descender la temperatura a 5 °C bajo 0 °C, y de prolongarse algún tiempo, las hojas empiezan a dañarse. Así mismo indica que menos propicias son las temperaturas altas, especialmente si coinciden con periodos de insolación prolongados. Cuando la temperatura supera los 15 °C, las espinacas emiten rápidamente su escapo floral, perjudicando así la formación de hojas.

2.6.7.2. Humedad

La espinaca es una especie cuyas hojas presentan un alto contenido de agua y además posee un sistema de arraigamiento superficial, por lo cual, es muy sensible a déficit hídricos. Cuando es cultivada en épocas estivales se debe poner especial cuidado en la condición de humedad del suelo. Los riegos deben ser cortos y de alta frecuencia (GORINI, 1970 y GIACONI Y ESCAFF, 1998).

2.6.7.3. Luminosidad

Según Maroto (1995) citado por Pérez (2005), indica que las condiciones de iluminación y temperatura influyen decisivamente sobre 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).

2.6.7.4. Riego

La espinaca teme bastante los excesos de agua, aunque para un desarrollo rápido necesita de humedad en el suelo, no es muy exigente en riegos. Los riegos deben darse con poco volumen y frecuentes. Los riegos por aspersión van bastante bien a esta hortaliza. Se puede aplicar en general de 4 a 6 riegos, dependiendo del tipo de suelo, época del año con un intervalo promedio de 17 días, (Valadez, 1996).

2.6.7.5. pH

Al cultivo de espinaca no le convienen valores del pH inferior a 6. Los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar problemas de clorosis férrica. Los suelos ácidos originan un cierto enrojecimiento peciolar, resistente a la salinidad, (Borrego, 1995).

El pH ligeramente alcalino produce el enrojecimiento del peciolo y a pH muy elevado es muy susceptible a la clorosis (Bellapart, 1996).

2.6.8. Manejo del cultivo

2.6.8.1. Siembra

Al respecto, Harrington y Minges (1954), citados por RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), estudiaron el efecto de la temperatura en la semilla de esta especie. Ellos determinaron que la mejor razón porcentual de germinación está dada con temperaturas entre 10 a 15 °C, sin embargo, el rango de temperatura considerado como óptimo se sitúa entre 15 °C a 25 °C, esto debido a que se obtiene una buena relación entre el periodo a emergencia y germinación

2.6.8.1.1. Época de siembra

Al respecto Sánchez (2004), indica que la siembra realizada al terminar el verano permite llevar a cabo la recolección a principios de invierno. En localidades de clima

riguroso la recolección no tendrá lugar hasta la primavera. A fines de invierno puede sembrarse nuevamente. Con el fin de obtener una producción escalonada, se aconseja realizar siembra periódica cada 20 días.

2.6.8.1.1.1. Siembra indirecta o almacigo

Cuando la siembra se hace en líneas, se separan éstas entre sí, de 25 a 35 cm. según la envergadura de la variedad elegida. La profundidad de siembra es aproximadamente de 2 cm. La cantidad de semilla depende de la época, de la forma de sembrar (chorrillo o voleo), intensidad de cultivo, tamaño de grano etc. Cuando la siembra se hace con el fin de recolectar escalonadamente las hojas la cantidad de semillas que se emplea es de 4kg por 10 mil m² aproximadamente un gramo por cada metro lineal que se siembra. Las plantas tardan en emerger de 10 a 20 días según las temperaturas ambientales, (Serrano, 1980).

2.6.8.1.1.2. Siembra directa

La siembra realizada al terminar el verano permite llevar a cabo la recolección a principios de invierno. En localidades de clima riguroso la recolección no tendrá lugar hasta la primavera. A fines de invierno puede sembrarse nuevamente. Con el fin de obtener una producción escalonada, se aconseja realizar siembras periódicas cada 20 días. La siembra debe realizarse en terrenos ligeramente húmedos (Copyright, 2015).

Las hileras distarán entre sí 20 a 35 cm y se emplearán sembradoras de precisión. Estas distancias son variables, dependiendo de las exigencias de la variedad, maquinaria utilizada, modalidades de recolección, etc. Los cuellos más densos permiten un mejor control de las malas hierbas. La semilla se deposita a 1 a 2 cm de profundidad y luego se pasa un rulo para que las semillas se adhieran al terreno. Conviene tratar las semillas con productos fungicidas (Captan, Tiram, Sulfato de plata, Permanganato potásico) (Copyright, 2015).

La germinación tiene lugar a las tres semanas de la siembra si durante este periodo se mantiene una temperatura en torno a 4 a 6 °C, ya que a medida que se

incrementa la temperatura se inhibe la germinación. Si la temperatura es mayor de 26 °C se produce la inhibición total de la germinación (Copyright, 2015).

2.6.8.2. Plagas y enfermedades

Entre las principales plagas de la espinaca en Bolivia se tiene:

- A la pulga saltona, (*Epitrix cucumeris*),
- Diabroticas, (*Diabrotica sp*) y al pulgón del tallo y las hojas, (*Brevicorine brassicae*) y los minadores de la hoja (Unterladstatter, 2000).
- La mosca de la remolacha (*Pegomeja betae curtis*), produce galerías entre las dos epidermis de la hoja.
- Pulgones, producen abarquillamiento, amarillamiento, etc.
- Gusanos grises; lepidópteros del género *Agrotis*, suelen atacar en otoño y primavera, devorando el cuello de la raíz de las plantas y provocando su marchitamiento. Caracoles y babosas (Borrego, 1995).

Entre las principales enfermedades del cultivo de espinaca tenemos:

- Mildiu de la espinaca (*Peronospora spinaciae* Laub), provoca la aparición de manchas amarillentas en el haz y un afieltrado grisáceo en el envés.
- Cercosporosis (*Ceriospora beticola* Sacc.), provoca la aparición en las hojas de manchas redondeadas, rodeadas de un halo rojizo. *Botrytis cinerea* Pers, provoca una podredumbre algodonosa en hojas.
- *Phytium de Baryanum* Hesse, produce el colapsamiento de la roseta de hojas y la raíz principal se necrosa casi en su totalidad (Borrego, 1995).

Las enfermedades que producen mayor daño al follaje, en el cultivo de la espinaca, están la *Cercospora*, *Peronospora*, *Alternaria*, *Botrytis*, Albugo y la Antracnosis (Serrano, 1980).

2.6.8.3. Fisiopatías

Capdevilla (1981), indica las fisiopatías que perjudican al cultivo son:

- Daño por congelamiento. Este se inicia a 0,3 °C. El daño por congelamiento resulta en tejido con una apariencia de embebido en agua, típicamente seguido por una rápida pudrición causada por bacterias de pudrición blanda.
- Amarillamiento. La espinaca es altamente sensible a etileno presente en el ambiente (efectos del etileno).
- Daño mecánico. La cosecha y el manejo posterior debe ser manejado con cuidado para prevenir daño a los pecíolos y hojas. Las gomas para amarrar los manojos no deben estar muy apretadas para evitar romper o quebrar los pecíolos, lo cual conducirá a una rápida pudrición.

2.6.8.4. Cosecha

Existen diversos procedimientos de recolección: manual (permite varios cortes, aunque exige numerosa mano de obra), semimecánica (con ayuda de una herramienta de mayor rendimiento: pala cosechadora, hoz segadora, etc.), mecánica con la ayuda de una segadora cargadora (Sánchez, 2004).

La recolección del producto puede efectuarse por procedimientos mecánicos o manuales. La recolección a mano es bastante onerosa, hasta el punto de que incide, de modo determinante, la productividad del cultivo; no obstante permite la obtención de productos de mejor calidad comercial. Cuando la recolección es manual, también es mayor la cantidad de producto recolectado (Leñano, 1973).

Por otra parte el mismo autor menciona que la recolección de las variedades precoces en la época primaveral, podrá iniciarse de los 40 a 45 días después de la siembra; en el caso de la siembra otoñal.

2.6.8.5. Conservación y almacenamiento

La espinaca es un producto muy perecedero, que no puede conservarse mucho tiempo por su altísimo metabolismo, causa de un rápido decaimiento. En los casos,

cuando la duración de transporte desde el lugar de producción hasta el de consumo es de varios días, se acostumbra recubrir la parte superior de las cajas con hielo picado para mantener la temperatura del medio del transporte alrededor de los 4 a 5 °C, con lo que se asegura que la mercancía llegará al mercado de consumo en buenas condiciones de conservación (Leñano, 1973).

2.6.9. Contenido nutricional de la espinaca

La espinaca fue considerada como la mejor de las hortalizas ya que tiene un alto valor nutritivo, vitamínico y contenido en hierro. Tiene un alto poder anti anémico. Sus hojas se utilizan para consumir en fresco, hervida o frita, aunque hoy en día es una de las hortalizas más utilizadas en la congelación y deshidratación.

Tabla 10. Composición nutritiva de la espinaca por 100 g de producto comestible

ELEMENTO	CANTIDAD	ELEMENTO	CANTIDAD
Prótidos	3,77 g	Vitamina C	59 mg
Lípidos	0,65 g	Ca	81 mg
Glúcidos	3,59 g	P	55 mg
Vitamina A	9,420 ui	Fe	3,0 mg
Vitamina B1	110 mcg	Valor Energético	26 cal
Vitamina B2	200 mcg		

Fuente: López (1994)

2.6.10. Comercialización

El consumo en fresco aumenta ligeramente pues en el mercado está todo el año. La industria está procesando las acelgas en distintas versiones comerciales como en conservas o congelado de acelga, por entero (penca y hoja) o por pencas o por hojas.

2.6.11. Conservación y almacenamiento

La espinaca es una hortaliza de vida corta, por lo que conviene consumirla lo más rápidamente posible tras su recolección. En el refrigerador se pueden conservar en lugares frescos, la mucha manipulación hace que se deshidrate fácilmente.

La conservación frigorífica de 0 a (-1 °C) y 90 a 95% de humedad relativa permite un almacenamiento entre 2 y 4 semanas. La refrigeración es una operación muy conveniente en las espinacas que vayan a ser almacenadas frigoríficamente. La pre refrigeración con vacío y la conservación frigorífica en bolsas de polietileno alarga el almacenamiento de las espinacas hasta 40 días, (Borrego, 1995).

Según Leñano, (1973), la espinaca es un producto muy perecedero, que no puede conservarse mucho tiempo por su altísimo metabolismo, causa de un rápido decaimiento.

2.6.12. Embalaje y presentación

Pueden ser embalados en cajas de tal manera que no se produzcan daños, por aplastamiento y rozamiento, entre si. Se pueden utilizar bolsas las cuales deben ser nuevas, secas, limpias que no transmitan olor, ni alteren el sabor del producto (Zarate, 2009).

2.6.13. Transporte

Se debe realizar en vehículos abiertos o cerrados, ventilados, en condiciones tales de higiene que la preserven de contaminaciones y olores extraños, que aseguren el mantenimiento de la sanidad, calidad y conservación del producto (Zarate, 2009).

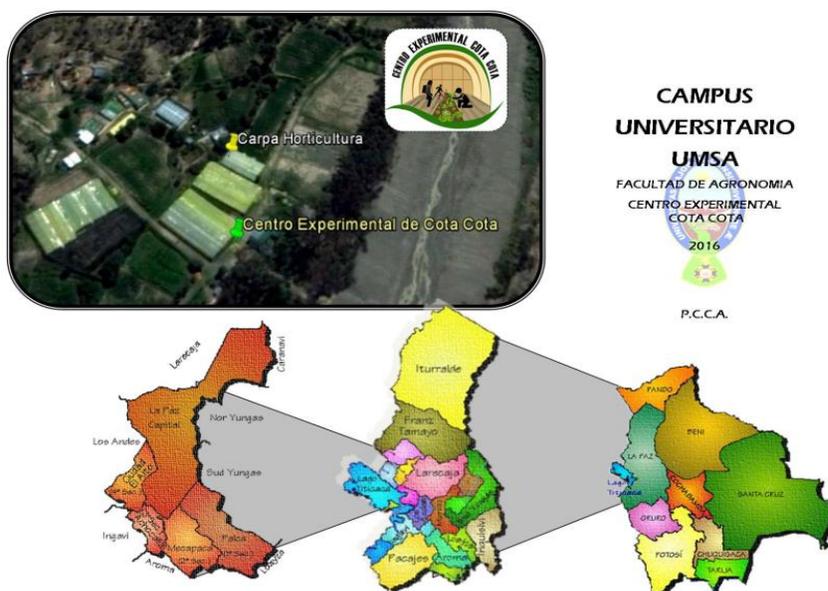
En los casos, cuando la duración de transporte desde el lugar de producción hasta el de consumo es de varios días, se acostumbra recubrir la parte superior de las cajas con hielo picado para mantener la temperatura del medio del transporte alrededor de los 4 a 5°C, con lo que se asegura que la mercancía llegará al mercado de consumo en buenas condiciones de conservación (Leñano, 1973).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía (Universidad Mayor de San Andrés), ubicado en la zona sur de La Paz, Cota Cota C/30, geográficamente está localizada entre 16°32' de latitud Sud, y 68°30' de latitud Oeste, altitud de 3445 msnm, temperatura media es de 11,5 °C (Instituto Geográfico Militar, 2007).

Figura 2. Croquis de área de la investigación



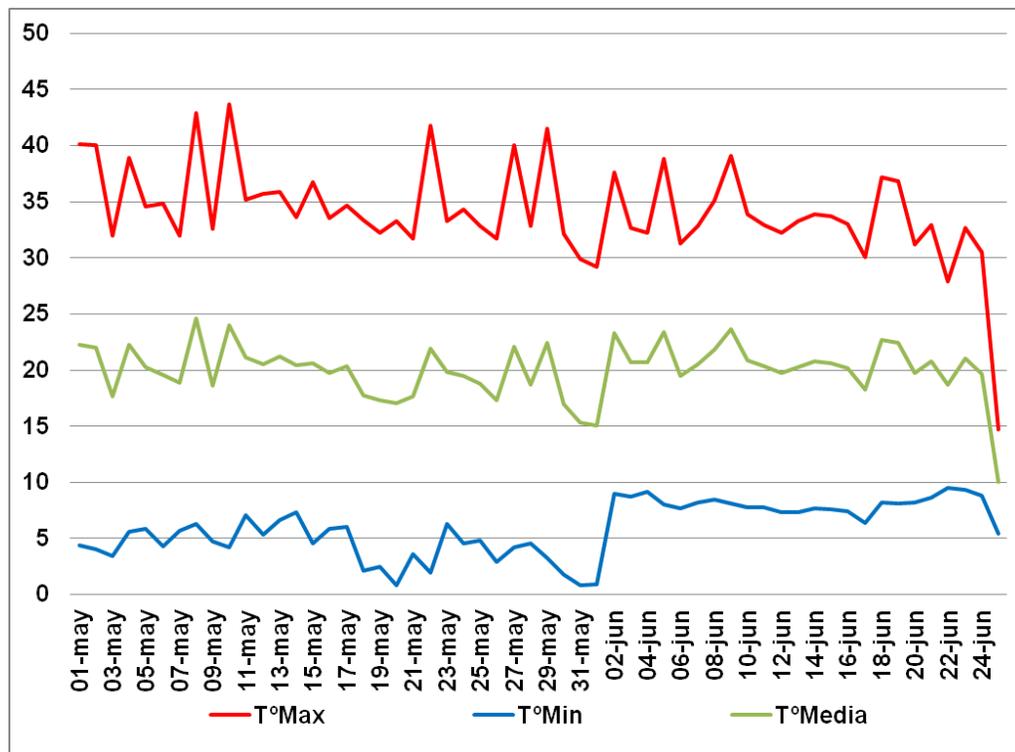
Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Características climáticas de la zona de estudio

Las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura es de 21 °C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2 °C e incluso llegar a los 1 °C, en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección Este, la temperatura media es de 13,5 °C con una precipitación media de 400 mm, las heladas se manifiestan en 15 días de los años con temperaturas por debajo de 0 °C, la humedad relativa media es 46%.

En la figura 3, se muestra el comportamiento de la temperatura máxima, mínima y medias de los meses de mayo y junio del 2016.

Figura 3. Datos de temperatura del centro experimental de cota cota



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Características edafoclimáticas

La comunidad presenta en las zonas de colina suelos muy superficiales, limitados por el contacto lítico, con muy poco desarrollo genético. Es de textura franco-arenosa. Presenta grava, grava pequeña y regular materia orgánica. Los suelos de la planicie son más profundos (0,20 a 0,40 m) aptos para agricultura intensiva. Existe menor proporción de terrazas naturales formadas a niveles anteriores a la planicie; y generalmente son destinadas a la explotación agrícola.

3.1.3. Vegetación y pecuaria

Está comprendida por arboles como ser Eucaliptos, Pinos, Ciprés. Arbustos: Acacia, Retama y Chilca entre otros. El centro experimental se dedica a la producción agrícola, pecuaria (ganado menor) y apícola.

La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: Maíz, Papa, Haba, Arveja, Cebolla, Betarraga, Remolacha, Cebada entre otros. En ambiente protegido (carpas solares) la producción es hortofrutícola: Frutilla, Pepinillo, Tomate, Lechuga y otros de acuerdo a los trabajos de investigación que se desarrollen. La producción pecuaria comprende la crianza y manejo de aves (Gallinas Ponedoras, Pollos de Engorde y Patos), Porcinos, Cuyes, Conejos.

Se cuenta con agua potable, de lo cual se realizó un análisis que se muestra a detalle en el Anexo 13.

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetal

a) Semilla de la variedad Viroflay

Características de la semilla variedad Viroflay

Origen	Argentino
Control de calidad	Lote N°3482
Pureza física mínima	96%
Porcentaje de Germinación	70%
Año cosecha	2012
Fecha análisis	feb-13

b) Semilla de la variedad quinto

Características de la semilla variedad Quinto

Origen	Argentino
Control de calidad	Lote N°7321
Pureza física mínima	90%
Porcentaje de Germinación	80%
Año cosecha	2013
Fecha análisis	mar-14

3.2.2. Material de campo

3.2.2.1. Sales y minerales

Para las sales minerales se utilizó sales orgánicas e inorgánicas consideradas también como macronutrientes y micronutrientes para lo cual el detalle se verá a continuación:

Plant prod Canadá 15- 15 – 30 + Micro nutrientes (Boro, Quelato de Cobre, Quelato de Hierro, Quelato de Manganeso, Molibdeno real, Quelato de Zinc).

Nitrato de amonio

Nitrato de calcio

Nitrato de potasio

Sulfato de magnesio

Soda Caustica

A sí mismo para quitar el cloro del agua se hizo uso del **desclorador**.

3.2.2.2. Materiales para la reparación de la carpa

En cuanto a la reparación de la carpa, cuando se dió inicio de la investigación se tuvo algunos percances, entre estos fue la reparación de la carpa, para lo cual se realizó la utilización de algunos materiales necesarios que se darán a detalle a continuación:

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD
Clavos de construcción	1,5 in kg	2
Hilo cáñamo	Rollo	2
Agujas	Unid	10
Taladro eléctrico		1
Broca	1 in	1
Broca	1/2 in	2

3.2.2.3. Materiales para la construcción de piscinas y módulo de contenedor de germinación.

Para la preparación del almacigo se llevó a cabo la construcción de piscinas el detalle de los materiales se mostrara a continuación:

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD
Plataforma	0,1x0,60x0,40	4
Clavos de construcción	1/2 in	1
Afrofilm	2x1,5 m	4
Estiletos		2
Madera de construcción	0,1x2 m	4

3.2.2.4. Materiales para la construcción del sistema NFT

Para la instalación del sistema NFT se utilizó los siguientes materiales que se darán a continuación:

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD
Tubos pvc de 3 in	4 m	2
Tubos pvc	4 in	2
Codos pvc	4 in	5
Codos T pvc	4 in	5
Codo T pvc	1/2 in	10
Codos pvc	1/2 in	10
Contenedores para emisores	m	10
Llave de paso con unión patente	1 in	2
Tanque de agua capacidad 1000 L		1
Bomba de 1 HP		1
Clavos de 2 in	kg	2
Emisores		8
Poli tubo de 6 milímetros	m	5
Cobertor de cable	m	10
Tornillos	Bolsa	1
Remaches	Bolsa	1
Remachadora		1

3.2.3. Material de gabinete

Para los materiales de gabinete utilizados fueron lo siguiente:

- ✓ Cuadernos de apunte
- ✓ Lápices, bolígrafos
- ✓ Calculadora
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ Reglas
- ✓ Papel bond

3.2.4. Materiales de laboratorio

- ✓ Balanza analítica de 1kg de capacidad
- ✓ Probetas de 100 ml
- ✓ pH metro
- ✓ Conductivímetro

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

3.3.1.1. Instalación y reparación de la carpa

La carpa se encontraba en mal estado por consiguiente se realizó la adecuación apropiada.

Una vez que la carpa se encontraba en buenas condiciones se realizó la nivelación y adecuación de la pendiente, llegando a un 2% que es lo recomendable, de acuerdo a Murillo, (2010).

3.3.1.2. Instalación del sistema hidropónico NFT (Técnica de la película de nutrientes)

Para una adecuada instalación se siguieron los siguientes pasos:

a) Excavación para el tanque de agua de 1000 L

Se realizó la excavación para el tanque, con una profundidad 1,5 m y un diámetro de 1,5 m. Ver Anexo 1.

b) Nivelación del suelo para la infraestructura

Se realizó la nivelación para la ubicación de la infraestructura, incorporando arena, dejando plano con una pendiente del 2%.

c) Nivelación del suelo para el sistema de retorno de agua

Se realizó la nivelación a una pendiente del 2% para el sistema de retorno, facilitando el retorno de la solución al tanque con mayor facilidad. Ver Anexo 9.

d) Construcción de la pirámide de madera

Se armó una pirámide de madera de pino, con medidas: 1,80 m de largo, 5 cm de espesor y 8 cm de ancho, el cual sirvió como la base de la pirámide. Ver Anexo 1.

Las maderas con pendiente midieron 2 m de largo, 5 cm de espesor y 8 cm de ancho. Las maderas fueron sujetadas por clavos en forma de "A" y cada triángulo estaba separado a 1 m.

A la vez se le dió una pendiente del 2% con inclinación hacia los tubos de retorno, para que se facilite la circulación de la solución nutritiva.

e) Construcción de los canales de cultivo

Una vez ya ubicado con la pendiente adecuada la pirámide, se pasó el colocado de los canales de cultivo, atornillado con sujetadores hechos de barra de metal, dando el soporte adecuado. Se remachó con la remachadora parte de los sujetadores que ayudaban a la sujeción del canal.

Los canales de cultivo fueron constituidos con 9 tubos de PVC de diámetro de 3 in y con un largo de 4 m, posteriormente fueron tapados con plastofomo de 1 cm de espesor, para los cobertores de los canales se abrieron orificios de 4 cm de diámetro para la planta, separados a 15, 20, 25 y 30 cm entre planta y planta. Los canales de cultivo en los dos extremos se taparon para evitar el derrame. Todos los canales de cultivo reposaron en las pirámides de madera, de medidas: de ancho 0,85 m y una altura de 2,1 m, los canales tuvieron una pendiente de 2%, separados una de otra por 0,25 m.

f) Elaboración de la cobertura de los canales de riego

Se elaboró los cobertores de los canales con plastofomo, con medidas de 0,08 m X 1 m con un espesor de 1 cm, con ayuda de estiletes. Ver Anexo 9.

Luego se hicieron orificios redondos con un diámetro de 4 cm con ayuda de estiletes, de acuerdo al diseño de estudio. Ver Anexo 9.

g) Instalación del sistema de distribución

Se realizó la instalación del sistema de distribución, instalando el sistema de despache, verificando que no exista ningún escape de agua.

Una vez ya colocado el sistema de despache se procedió a la instalación de los tubos departidores de la solución, colocando micro tubos de 6 mm de diámetro con sus respectivos emisores.

h) Instalación del sistema de retorno

Una vez ya nivelado de acuerdo a la pendiente necesaria, se procedió a la instalación del sistema de retorno con tubos de 4 in, utilizando un total de 4 barra de 4 m de largo, con 5 tubos T y 3 codos de 4 in, el colado se lo realizo con pegamento PVC, con pistola que generaba calor, facilitando el sellado fijo del sistema de retorno.

i) Bomba de agua

La bomba tiene una potencia de 1 HP, el tubo de la entrada de la solución fue instalado con un succionador inoxidable para evitar la entrada de impurezas que pueden afectar al buen funcionamiento de la bomba. También tiene dos llaves una para retorno directo al tanque y otra para regular la distribución de la solución nutritiva. Ver Anexo 1.

j) Tubería recolectora

Al final de cada canal de cultivo se conectó los tubos flexibles (utilizados en el cableado de electricidad) para que el agua vaya del tubo superior al tubo inferior y así sucesivamente hasta completar tres tubos y posteriormente llegar al tubo de desagüe que tiene un diámetro de 4 in y luego pasar al tanque colector.

3.3.1.2.1. Pendiente

De acuerdo a Resh (1987), en el sistema de NFT la pendiente debe tener entre 1,5% a 2,5%, dependiendo al tipo de cultivo y al largo de la carpa. El tránsito y circulación de la solución debe ser lo más favorable posible para obtener buenos rendimientos,

no debe ser muy rápida pues afectaría en la asimilación rápida de nutrientes de las raíces; no debe de ser muy lenta pues provocaría el encharcamiento y precipitación de la solución, lo cual tendría como consecuencia la falta de oxigenación de las raíces y la presencia de enfermedades y algas en los cultivos.

Luego de terminar la adecuación y reparación de la infraestructura se terminó y uso una pendiente de 2% para un largo de 8 m.

3.3.1.2.2. Manejo de la temperatura

3.3.1.2.2.1. Temperatura en carpa

Se registraron datos de temperatura cada día considerando máximas, mínimas. De tal manera se pudo observar que las temperaturas en el interior de la carpa fueron diferentes a comparación de la parte externa de la carpa, alcanzando una máxima de 38 °C entre principios de julio y una mínima de 1 °C.

Sin embargo las temperaturas para finales de julio tuvieron un descenso alcanzando una mínima de 2 °C y una máxima de 31 °C, considerando que el cultivo de espinaca no es tolerante a temperaturas por encima de los 30 °C. Realizando una comparación con la parte externa de la carpa las temperaturas descendieron en la parte externa alcanzando una máxima de 30 °C, lo cual indica que se concentra más calor en la parte interna de la carpa en horas de radiación fuerte. Ver Anexo 12.

3.3.1.2.2.2. Temperatura en la solución

El promedio de la temperatura de la solución nutritiva fue de 18,7 °C, datos que fueron tomados a medio día, los mismos no afectaron al cultivo.

3.3.1.3. Construcción de las bandejas de germinación o contenedores tipo piscina para las bandejas

Para las bandejas de siembra se construyeron piscinas de una dimensión de 1,5 m X 0,70 m y un espesor de 0,25 m, de agrofilm y madera.

Posteriormente se hizo el lavado de las bandejas de germinación y desinfección con hipoclorito de sodio al 2,5% para evitar alguna presencia de enfermedades.

La misma tenía una capacidad de 126 plantas por bandejas, para lo cual se hizo el uso de 5 bandejas de germinación.

3.3.1.4. Formulación de las soluciones nutritivas

Para la formulación de las soluciones se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

3.3.1.4.1. Análisis del agua

Según Resh (1987), se recomienda usar agua de consumo humano para cultivos hidropónicos, cuidando de que este no tenga concentraciones de hipoclorito de sodio que sean perjudicial para el cultivo.

Para tal fin se realizó análisis químico del agua. Ver anexo 13

3.3.1.4.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de la espinaca

El requerimiento del cultivo de espinaca es de: 250 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ y 200 kg/ha de K₂O.

Posteriormente se calculó la cantidad necesaria de la solución nutritiva para cumplir con los requerimientos del cultivo de espinaca.

La capacidad del tanque fue de 1000 L, pero solo se usó 300 L de solución nutritiva con las siguientes cantidades de cada fertilizante:

Cuadro 1. Detalle de las cantidades de los nutrientes

	FERTILIZANTE	1000 L	300 L
Solución "A"	Nitrato de potasio	60 g	18 g
	Nitrato de calcio	881 g	264,3 g
	Nitrato de amonio	250 g	75 g
	Sulfato de magnesio	371	111,3 g
Solución "B"	Plant Prod. Canadá	800 g	240 g

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado los cálculos, se procedió al preparado de la solución nutritiva, que se muestra a detalle a continuación:

1. Se realizó el llenado del tanque, hasta una capacidad de 300 L
2. Se pesó los fertilizantes de la solución "A" como también los fertilizantes de la solución "B". Ver Anexo 8.
3. Se disolvió de manera individual cada fertilizante, considerando que no se deben de mezclar sulfatos con nitratos caso contrario se ocurriría la precipitación de los fertilizantes.
4. Una vez ya disuelto las soluciones, se pasó al cierre de las llaves de retorno, disolviendo de manera general ambas soluciones nutritivas.
5. Una vez controlado el pH, se mandó a la circulación de la solución nutritiva

3.3.1.4.3. Manejo del pH de la solución de nutrientes

El pH recomendado según Resh (1987), es de 6,0 a 6,5 valor óptimo para la absorción de nutrientes, para la absorción óptima de la espinaca es de 6 a 7 de pH.

Con respecto el manejo del pH, se tomó datos luego de preparar la solución nutritiva, donde se pudo apreciar que a partir de la segunda semana el pH fue bajando, alcanzando un 5,5 afectando al cultivo, se calibró con soda caustica (Hidróxido de potasio) con una relación de 3 g/300 L de solución nutritiva, se realizó la misma practica cada vez que bajaba el pH manteniendo un rango de 6,5 a 7.

3.3.1.4.4. Manejo de la conductividad eléctrica

Con respecto al manejo de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, al inicio de la preparación y antes de circularlo fue de 2300 μs , con una temperatura de 15 °C datos que fueron tomados del tanque, una vez ya medidos se mandó a la circulación.

Posteriormente se tomaron datos de la conductividad eléctrica, teniendo como resultado cambios a partir del segundo día, con reducción de 100 μs y un volumen aproximado de 50 L, ya a los 7 días la reducción de la conductividad eléctrica fue

mayor alcanzando a 1500 μS , a los 12 días, la conductividad eléctrica llegó a 1000 μS , encontrándose fuera de rango apropiado para el cultivo, se procedió a un cambio de solución nutritiva.

3.3.1.5. Manejo del cultivo

3.3.1.5.1. Siembra

La siembra se realizó el 27 de mayo mediante dos técnicas:

Primera técnica: Siembra en bandejas de germinación, se siguió los siguientes pasos:

1. Se realizó el remojo de las esponjas en hipoclorito de sodio puro.
2. Se preparó las bandejas de germinación, realizando la desinfección del mismo con hipoclorito de sodio al 3%.
3. Se cortó con estilete las esponjas en forma de cubitos de 3 cm x 3 cm con un espesor de 3 cm, en el medio de la esponja se hizo un hueco de 2 mm x 2 mm para depositar la semilla. Ver Anexo 2.
4. Posteriormente se realizó el lavado de las esponjas con vinagre (1 L vinagre/10 L de agua potable), posterior a ello se realizó 8 enjuagues con agua potable.
5. Se colocó los cubitos en las bandejas de poliestireno, en cada hueco se utilizó dos semillas, sumando 252 semillas de la variedad Viroflay y 252 semillas de la variedad Quinto haciendo un total de 252 esponjas, sabiendo que cada bandeja entro 126 esponjas se utilizó un total de 4 bandejas de germinación. Ver Anexo 3.
6. Una vez sembrado, se llevó a las piscinas donde se acomodó las cuatro bandejas de germinación, dejando con agua de grifo hasta un nivel de al menos 7 cm. Ver Anexo 3.
7. Posteriormente se cubrió completamente con plástico negro. Ver Anexo 3.

8. El riego fue dos veces al día, por la mañana y por la tarde.

Segunda técnica: Siembra en sustrato inerte, se siguió los siguientes pasos:

1. Primeramente se realizó el preparado de la bandeja con agrofílm de 1 m x 0,60 m con una profundidad de 0,20 m.
2. Se realizó el preparado del sustrato inerte con la relación de 4 partes de arena fina de río, 4 partes de turba y 2 partes de aserrín no descompuesto. Ver Anexo 4.
3. Posteriormente se realizó la desinfección del sustrato inerte, para evitar la presencia de hongos (Damping Off), se lavó la arena con hipoclorito de sodio al 3%, luego se realizó 8 enjuagues y por último una vez ya mezclados las porciones de los distintos sustratos, se hizo con agua hirviendo a 100 °C a toda la mezcla dejando reposar durante 3 días. Ver Anexo 4.
4. Una vez ya preparado el sustrato inerte luego de tres días, se realizó la siembra a 5 cm entre surcos, con un total de 6 surcos por variedad y entre plantas chorro continuo. Ver Anexo 5.
5. Se sembró un total de 1200 semillas de la variedad Viroflay y 1200 de la variedad Quinto.
6. Se cubrió con paja, se realizó el riego dos veces al día.
7. Se quitó la paja a los 5 días.
8. Las plantas estuvieron, en el área de crecimiento primario durante 20 días, con una altura de 7 a 10 cm.

Como resultado se pudo ver que la primera técnica no fue buena debido a que las raíces de las semillas no ingresaban hacia el fondo de la esponja, más bien sobresalían hacia afuera. En cambio con la segunda técnica obtuvieron resultados mejores.

3.3.1.5.2. Trasplante

El trasplante se realizó en fecha 18 de junio, utilizando la técnica de sustrato inerte que se detalla a continuación:

3.3.1.5.2.1. Preparación de la solución nutritiva para el primer trasplante

Para la presente investigación se utilizó fertilizantes formulados por Murillo, (2010). Se realizó la preparación para 60 L de solución nutritiva que se muestra el detalle a continuación:

Cuadro 2. Detalle de las cantidades de los nutrientes para 60 L

	FERTILIZANTE	1000 L	60 L
Solución "A"	Nitrato de potasio	60 g	3,6 g
	Nitrato de calcio	881 g	52,86 g
	Nitrato de amonio	250 g	15 g
	Sulfato de magnesio	371	22,26 g
Solución "B"	Plant Prod. Canadá	800 g	48 g

Fuente: Elaboración propia

- Una vez ya formulado, se pasó al pesado de los fertilizantes de manera individual.
- Posteriormente se realizó la mezcla en agua potable una a una.
- Se juntó todos los fertilizantes en un balde con capacidad de 20 L, mezclando de manera homogénea todos los fertilizantes.
- Se llevó a la piscina, con una capacidad de 60 L, mezclando de manera homogénea todos los fertilizantes.

3.3.1.5.2.2. Primer trasplante

Una vez que los plantines lograron un largo de 7 a 10 cm y con sus dos primeras hojas verdaderas, se llevó a trasplante.

1. Se cortó las esponjas en forma de cubitos de 3 cm x 3 cm con un espesor de 4 cm, con cortes en el centro. Ver Anexo 6.
2. Una vez ya preparadas las esponjas se realizó la desinfección con vinagre (1 L de vinagre/10 L de agua potable).
3. Posteriormente se realizó 8 enjuagues con agua potable.
4. Se tomó primero la variedad Viroflay, luego la variedad Quinto, se lavó con abundante agua una a una, quitando todo el resto del sustrato inerte, cuidando de que no sea lastimado la raíz.
5. Una vez ya lista las plantas se procedió a colocar una a una en las esponjas, en el centro, verificando que la raíz este en contacto con el agua. Ver Anexo 6.
6. Se llevó a las bandejas de crecimiento.
7. Por último se llevó a las piscinas, donde se oxigeno de manera manual dos veces al día.

3.3.1.5.2.3. Preparación de la solución nutritiva para el trasplante definitivo

Se formuló para 300 L de solución donde se muestra el detalle a continuación:

Cuadro 3. Detalle de las cantidades de los nutrientes para 300 L

	FERTILIZANTE	1000 L	300 L
Solución "A"	Nitrato de potasio	60 g	18 g
	Nitrato de calcio	881 g	264,3 g
	Nitrato de amonio	250 g	75 g
	Sulfato de magnesio	371	111,3 g
Solución "B"	Plant Prod. Canadá	800 g	240 g

Fuente: Elaboración propia

- Primero se realizó el lavado del tanque.

- Se llenó agua potable hasta 300 L, luego se le añadió 300 gotas de desclorar, para quitar el cloro del agua, dejando reposar durante 5 minutos (tiempo para que el desclorador cumpla su función).
- Posteriormente se realizó la mezcla en agua potable una a una.
- Se añadió todos los fertilizantes en el tanque, posteriormente se encendió la bomba, facilitando la mezcla homogénea de la solución nutritiva.
- Una vez ya mezclados homogéneamente los fertilizantes, se pasó a la medición del pH que fue de 6,5, a la vez la conductividad eléctrica que fue de 2200 μs .
- Una vez ya tomado las precauciones necesarias, se pasó al despacho de la solución nutritiva al sistema (NFT), verificando que no exista ningún tipo de escape tanto en el sistema, desagüé, retorno y en general.

3.3.1.5.2.4. Trasplante definitivo

Para el trasplante definitivo se consideró los siguientes aspectos:

1. Se desinfectó los canales de circulación, con hipoclorito de sodio al 3%, enjuagando con abundante agua.
2. Posteriormente se colocó los cobertores de los canales, vasitos de soporte de las esponjas, según el diseño de investigación. Ver Anexo 9.
3. Se trasplantó en el sistema los plantines según el diseño, verificando que la raíz tenga contacto con la solución nutritiva que circulaba en el sistema.

Se trasplantó un total de 152 plantines de cada variedad, haciendo un total de 304 plantines. Ver Anexo 10.

3.3.1.5.3. Manejo de las deficiencias nutricionales

A medida que fueron creciendo las plantas se observó los síntomas de presencia de plagas, los desórdenes nutricionales provocado por deficiencia de nutrientes, a la vez se observó la toxicidad de nutrientes.

Primero se fueron controlando la plaga que se presentó, en este caso (Tijereta) eliminando una a una manualmente, y luego se fueron corrigiendo los desórdenes nutricionales.

3.3.1.5.4. Cosecha

La cosecha se realizó a los 44 días luego del trasplante, una vez que el cultivo alcanzó características comerciales.

3.3.2. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación, se utilizó el Diseño Cuadrado Latino con arreglo bifactorial.

3.3.2.1. Modelo estadístico

Cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente, proporcionado por Arteaga, (2003)

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + \theta_l + \alpha_i + \lambda_j + \alpha\lambda_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Una observación

μ = Media poblacional

β_k = Efecto del k - esimo bloque

θ_l = Efecto del l – esima columna

α_i = Efecto del i - esimo nivel del factor A

λ_j = Efecto del j – esimo nivel del factor B

$\alpha\lambda_{ij}$ = Efecto del i - esimo nivel del factor A, con el j – esimo nivel del factor B
(Interacción A x B)

ε_{ijkl} = Error Experimental

3.3.2.2. Formulación del tratamiento

En la presente investigación consto de dos factores tomando en cuenta como factor A dos tipos de variedades en espinaca (Viroflay y Quinto) y como Factor B densidades, haciendo un total de ocho tratamientos, 64 unidades experimentales.

Factor A (Variedades)

V1 = Viroflay

V2 = Quinto

Factor B (Densidades)

D1 = 15 cm

D2 = 20 cm

D3 = 25 cm

D4 = 30 cm

Tabla 11. Descripción de la combinación de los tratamientos

TRATAMIENTOS	VARIEDADES	DENSIDADES
T1	Viroflay	D1 (15 cm)
T2	Viroflay	D2 (20 cm)
T3	Viroflay	D3 (25 cm)
T4	Viroflay	D4 (30 cm)
T5	Quinto	D1 (15 cm)
T6	Quinto	D2 (20 cm)
T7	Quinto	D3 (25 cm)
T8	Quinto	D4 (30 cm)

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. Superficie experimental

Tabla 12. Descripción de la superficie de la carpa y experimento

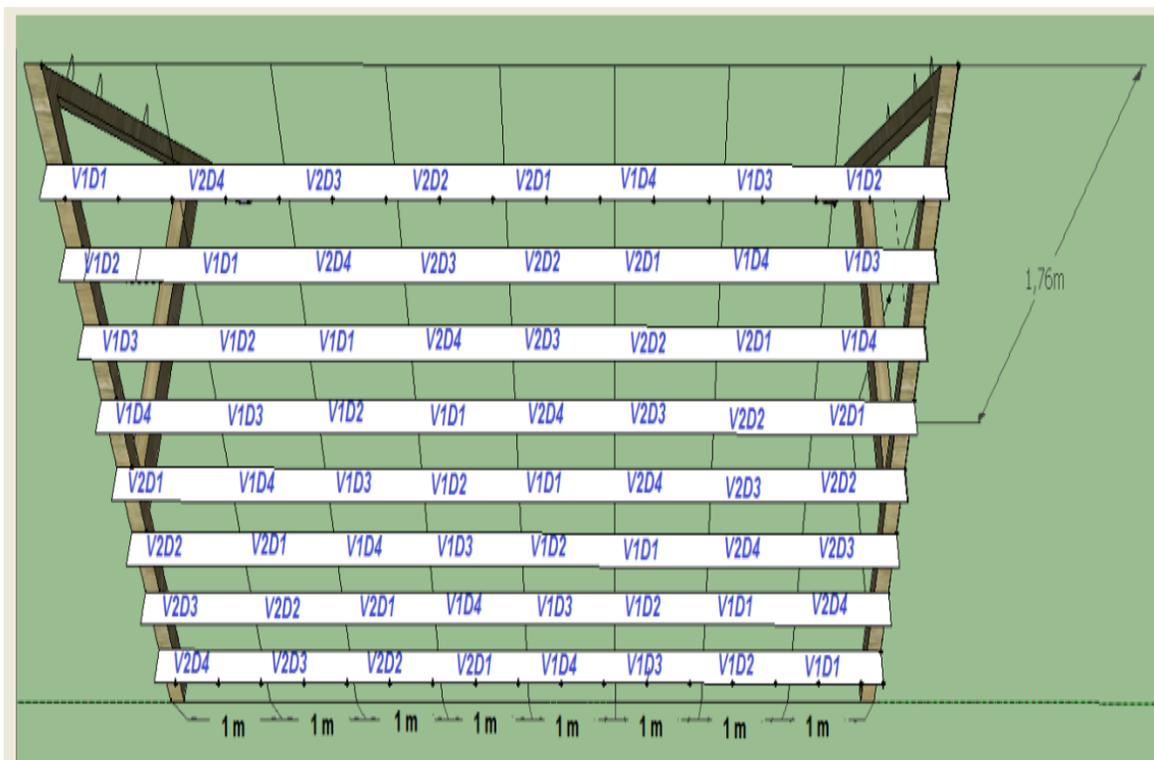
Largo de la carpa solar	20 m
Ancho total de la carpa	10 m
Superficie total de la carpa	200 m ²
Largo del sistema NFT	8 m
Ancho del sistema	1,8 m
Altura del sistema	2 m

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente croquis se muestran como estuvieron ubicados los tratamientos, a la vez sus mediciones.

3.3.2.3.1. Croquis del experimento

Figura 4. Croquis del experimento



Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4. Variables de respuesta

Durante la investigación se realizaron las siguientes variables de respuesta:

3.3.2.4.1. Porcentaje de germinación

Para determinar el porcentaje de germinación, se consideró las dos técnicas de siembra.

Primera técnica: Se utilizó las bandejas de germinación con un total de 252 semillas por variedad, haciendo un total de 504 semillas de ambas variedades, para determinar el porcentaje los datos fueron tomados a los 10 días luego de la siembra de manera visual.

Segunda técnica: para determinar porcentaje de germinación los datos fueron tomados a los 20 días luego de la siembra de manera visual.

3.3.2.4.2. Porcentaje de prendimiento

Dato que se tomó a los 5 días para determinar el porcentaje de prendimiento, se realizó el conteo por tratamiento de manera visual.

3.3.2.4.3. Número de hojas por planta

La determinación del número de hojas por planta se realizó, mediante el conteo desde la primera hoja con desarrollo completo a excepción de aquellas que recién emergían de la roseta, los datos se tomaron con una frecuencia de 15 días, 3 muestras por tratamiento, después de 15 días del trasplante, hasta los 42 días o coincidiendo con la cosecha.

3.3.2.4.4. Ancho de la hoja

La determinación del ancho de hoja se realizó considerando las hojas más maduras de cada planta, 3 muestras por tratamiento, los datos fueron tomados con una frecuencia de 15 días, luego del trasplante, hasta los 42 días antes de la cosecha.

3.3.2.4.5. Largo de la hoja

Los datos fueron tomados, considerando las hojas más maduras y de buen porte, 3 muestras por tratamiento, datos que fueron tomados con frecuencia de 15 días luego del trasplante, hasta los 42 días, antes de la cosecha.

3.3.2.4.6. Área foliar de la planta

Para determinar el área foliar de la planta, se consideró la toma de datos luego de la cosecha, a los 42 días luego del trasplante, se consideró todas las hojas por planta, se los coloco encima de la mesa, con un fondo blanco facilitando la claridad, se tomó fotos con una moneda de 50 centavos en el centro, con la ayuda del programa ImageJ (Programa que determina el cálculo del área foliar de toda la planta) se logró determinar el área foliar por planta.

3.3.2.4.7. Volumen de la raíz

Este dato se obtuvo al final del ciclo del cultivo a los 42 días, utilizando una probeta de 100 ml, con un volumen de agua conocido y se sumergió toda la raíz de la muestra, se obtuvo este dato restando el volumen conocido al volumen total, mediante la siguiente fórmula que se verá a continuación:

$$\text{Volumen total} = \text{Volumen de agua conocido} + \text{Volumen radicular}$$

$$\text{Volumen Radicular} = \text{Volumen total} - \text{Volumen de agua conocido}$$

3.3.2.4.8. Peso fresco de la planta completa

Estos datos fueron tomados luego de realizar la cosecha, con la ayuda de la balanza con capacidad de 300 g, se tomó el dato del peso de planta completa.

3.3.2.4.9. Peso fresco de la parte comestible de la planta

A diferencia del peso de la planta completa, en esta variable se tomó el peso solo de la parte comestible de las plantas. El peso fue tomado con la ayuda de la balanza de las 64 unidades experimentales.

3.3.2.4.10. Análisis económico

La evaluación Económica se realizó según la metodología propuesta por CIMMYT (1988), que recomienda el análisis de beneficios netos y el cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos alternativos, para obtener los beneficios y costos marginales. Los rendimientos se ajustaron al menos 10% por efecto del nivel de manejo, puesto que el experimento estuvo sujeto a cuidados y seguimientos que normalmente no se dan en condiciones de producción comercial.

a) Beneficio bruto (BB)

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto, proporcionado por CIMMYT, (1988).

$$BB = R * PP \text{ (Ecuacion 1)}$$

Dónde:

BB = Beneficio Bruto (Bs)

R = Rendimiento Ajustado (Bs)

PP = Precio del producto (Bs)

b) Costos variables (CV)

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria, utilizados en cada tratamiento, fertilizantes, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte, relación proporcionado por CIMMYT, (1988).

c) Costos fijos (CF)

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. El costo fijo no se aumenta o disminuye la producción.

d) Costos totales

Es la suma del costo total variable más el costo total fijo. Se suman estos dos costos para conocer cuánto de dinero se utilizó en total en un ciclo de producción de lechuga hidropónica.

$$CT = CV + CF \text{ (Ecuacion 2)}$$

Dónde:

CT = Costos totales

CV = Costos variables

CF = Costos fijos

e) Beneficio neto (BN)

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

$$BN = BB - CP \text{ (Ecuacion 3)}$$

Dónde:

BN = Beneficios Netos (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

f) Relación beneficio/costo (BC)

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB), sobre los costos de producción (CP).

$$B/C = BB/CP \text{ (Ecuacion 4)}$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de Producción (Bs)

Las relaciones de interpretación fueron:

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

Cuando:

(B/C) > 1 Aceptable

(B/C) = 1 Dudoso

(B/C) < 1 Rechazado

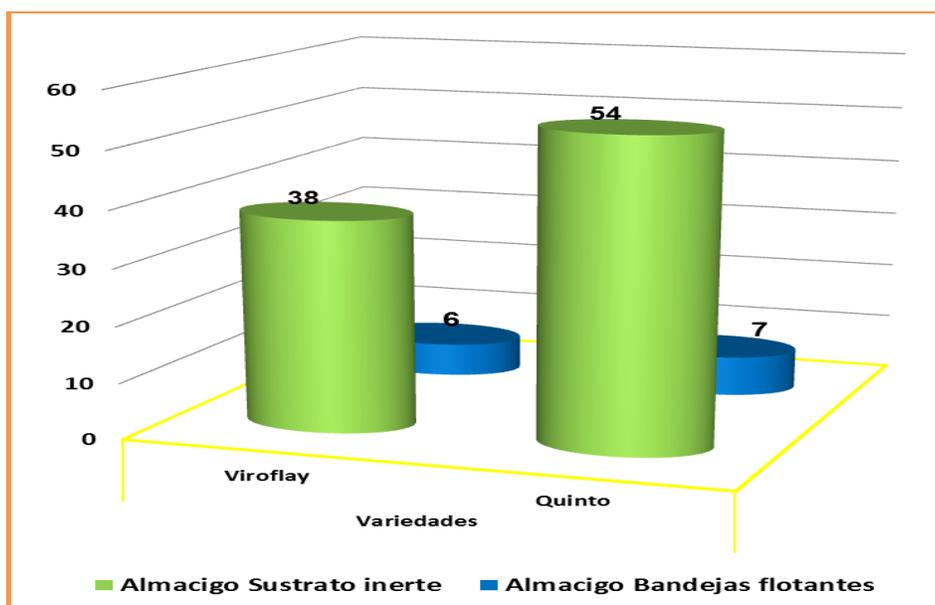
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Variables de respuesta en almacigo

4.1.1. Comparación de medias para el porcentaje de germinación

En la figura 5, se muestra la comparación de medias para tipos de almacigo en las dos variedades (Viroflay, Quinto).

Figura 5. Comparación de medias entre tipos de almacigo para el porcentaje de germinación vs variedades x tipo de almacigo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de comparación de medias para tipos de almacigo en dos variedades, se llegó a determinar que existió diferencia teniendo un mayor porcentaje de germinación al almacigo en sustrato inerte que alcanzó un 54% de germinación para la variedad Quinto, seguidamente con un 38% de la variedad Viroflay, a diferencia del almacigo en bandejas flotantes que obtuvo un 7% de germinación de la variedad Quinto y un 6% de germinación de la variedad Viroflay, resultando ser no apropiado para la germinación del cultivo.

Según Harrington y Minges (1954), citados por RUBATZKY Y YAMAGUCHI (1997), indica que la temperatura influye con mayor frecuencia en la germinación de la

espinaca, teniendo como rango a 15 °C, el 80% de emergencia se tiene, a los 7 días, a los 30 °C se tiene un 30% de emergencia a los 5 días. Sin embargo la temperatura máxima dentro la carpa fue de 33 °C y una mínima de 0 °C, afirmando que si tuvo un efecto directo las temperaturas que se dieron dentro de la carpa.

A sí mismo como se muestra en figura 4, el método de bandejas flotantes obtuvo porcentajes por debajo del 10%, ya que estos fueron cubiertos con plástico negro para retener calor, llegando a una temperatura máxima de 33 °C alterando la emergencia correcta, cabe recalcar que la falta de porosidad en las esponjas comerciales utilizadas en el experimento, hizo que al germinar el hipocotilo no ingresara hacia el interior de la esponja sino fueran por encima de la esponja, facilitando el quemado de los hipocotilos y la raíz, además no tuviera contacto con el agua, provocando la muerte de una futura planta.

Según Rivera (2015), quien investigó el tema de “evaluación de tres variedades de lechuga cultivada con la técnica de hidroponía de flujo laminar”, obtuvo para el factor tipos de almacigo, un promedio mayor con el almacigo de esponja corriente de 7,14% de mortandad y 3,3% de mortandad para el almacigo de sustrato inerte. Se puede afirmar que la variedad con menor porcentaje de mortandad es la variedad Grand Rapids TBR y el almacigo que presentó menor porcentaje de mortandad es el almacigo de Sustrato Inerte.

La temperatura es un factor importante, ya que la espinaca es para temperaturas óptimas entre 15 a 25 °C.

4.2. Variables de respuesta en sistema de flujo laminar de nutrientes (NFT)

Para la presente investigación se tomó en cuenta las siguientes variables de respuesta, que serán detalladas a continuación:

4.2.1. Porcentaje de prendimiento promedio en el sistema (NFT)

El porcentaje de prendimiento en las dos variedades y diferentes densidades de trasplante, se detalla en el cuadro 4.

Cuadro 4. Anva para el porcentaje de prendimiento del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	0,17	0,02	1,17	3,10	2,24	NS
Columna	7	0,18	0,03	1,23	3,10	2,24	NS
Variedades	1	0,01	0,01	0,58	7,29	4,07	NS
Densidades	3	0,17	0,06	2,67	5,16	3,22	NS
Var * Den	3	0,15	0,05	2,29	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	0,90	0,02				
TOTAL	63	1,59					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 9,73%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue no significativo, esto indica que el fotoperiodo no tuvo efecto directo en la producción del cultivo.

Para columnas se obtuvo en resultado no significativo, esto indica que la temperatura no tuvo un efecto directo en el cultivo.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado no significativo, lo que indica que las densidades no influyeron de ninguna manera en el prendimiento del cultivo en el sistema NFT.

Para variedades dió como resultado no significativo, deduciendo que el tipo de variedad no influye en el porcentaje de prendimiento.

Como también en la interacción de las variedades y densidades dió como resultado no significativo, deduciendo que cada factor actuó de manera independiente.

Esto indica que los factores de temperatura, intensidad lumínica, variedades, densidades y la interacción de factores no influyeron en el variable porcentaje de prendimiento siendo esta variable independiente de estos factores.

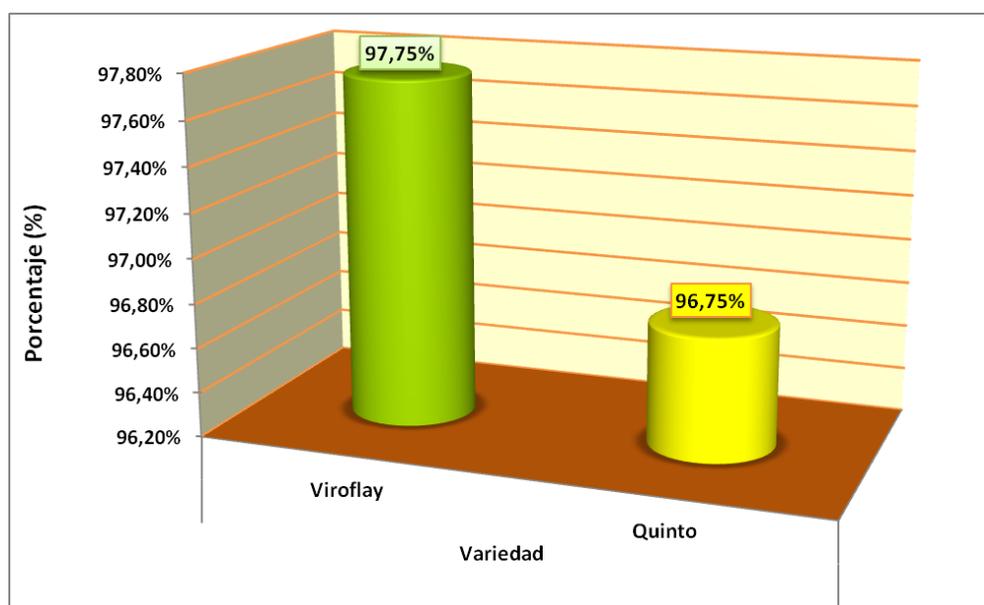
Según Arteaga (2013), indica que para el manejo en ambientes atemperados, el coeficiente de variancia si se tiene un rango por encima del 12%, hubo un mal

manejo de las unidades experimentales, si se encuentra por debajo del 12% hubo un buen manejo de las unidades experimentales. En la presente investigación se obtuvo un coeficiente de varianza de un 9,37%, lo cual indica que si hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

4.2.1.1. Comparación de medias para el porcentaje de prendimiento

En la figura 6, se detalla el comportamiento de la comparación de las medias, para evaluar el porcentaje de prendimiento en las variedades (Quinto y Viroflay).

Figura 6. Comparación de medias para el porcentaje promedio de prendimiento en las dos variedades



Fuente: Elaboración propia

Según el análisis para comparación de medias realizado se llega a determinar que el porcentaje de prendimiento se mantiene en cualquier variedad y densidad, ya que se obtuvo en filas, columnas, variedades, densidades y la interacción como resultado no significativo, indicando que sin importar cuál sea la ubicación de las variedades y densidades el porcentaje de prendimiento será el mismo.

4.2.2. Número de hojas en el sistema (NFT)

En el cuadro 4, se detalla los resultados del análisis de varianza para el número de hojas en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 5. Anva para el número promedio de hojas del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	0,22	0,03	1,82	3,10	2,24	NS
Columna	7	0,02	0,00	0,15	3,10	2,24	NS
Variedades	1	0,00	0,00	0,25	7,29	4,07	NS
Densidades	3	0,44	0,15	8,42	5,16	3,22	**
Var * Den	3	0,14	0,05	2,66	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	0,73	0,02				
TOTAL	63	1,55					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)

Significativo al 5% (*)

Altamente significativo al 1% ()**

$$CV = 3,83\%$$

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue no significativo, esto indica que el fotoperiodo no tuvo efecto directo en el número de hojas del cultivo.

Para columnas se obtuvo en resultado no significativo, esto indica que la temperatura no tuvo un efecto directo para obtener mayor o menor número de hojas en el cultivo.

A si también para variedades, dió como resultado no significativo, indica que no influyo la variedad para obtener mayor o menor número de hojas.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado altamente significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el incremento de número de hojas.

Para la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Esto indica que los factores de temperatura, intensidad lumínica, variedades y la interacción de factores no influyeron en el variable número de hojas siendo esta variable independiente de estos factores.

Con respecto al análisis de coeficiente de variancia, dió como resultado de un 3,83% que se encuentra por debajo del 12%, lo cual afirma que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 13. Análisis estadístico Duncan de las densidades de siembra respecto al número de hojas promedio

DENSIDAD	Promedio (Número de hojas)	Desviación Estándar	Duncan
D1	11,73	0,52	a
D2	10,77	0,46	b
D3	10,67	0,61	b
D4	10,15	0,61	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 13, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm), con un aproximado de 12 hojas promedio, seguidamente D2 (20 cm x 20 cm) y D3 (25 cm x 25 cm) con un número de hojas estadísticamente similares a 11 hojas promedio. La peor densidad fue la D4 (30 cm x 30 cm) con 10 hojas en promedio.

En el estudio realizado por Vasquez (2006), en la evaluación de once cultivares de *Spinacea oleracea* L., determinó que la variedad Marimba presentó un mayor número de hojas por planta, siendo estadísticamente igual a Condesa, Quinto y Whitney pero estadísticamente diferente al cultivar Viroflay, el cual presentó un promedio cerca de 13 hojas menos que el cultivar Marimba, deduciendo que en la presente investigación se obtuvo promedios cercanos e similares.

En el estudio realizado por ULLOA (1985), en el cual se analizó el cultivar Viroflay con diferentes dosis de nitrógeno en la Región Metropolitana, se determinó que con un suministro de 44 ppm de nitrógeno, más una fertilización de 90 unidades de nitrógeno por hectárea para la densidad de 12 cm x 12 cm entre plantas, se obtuvo

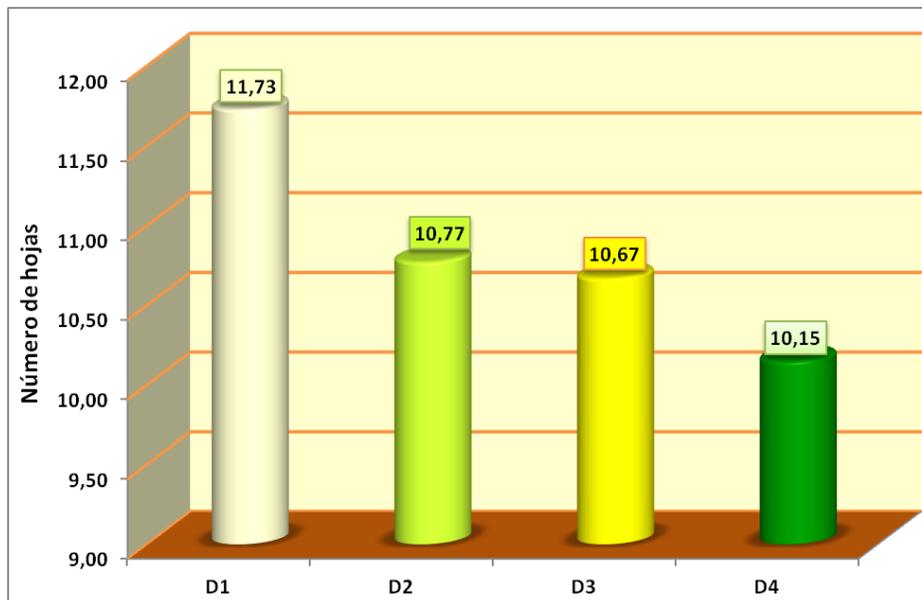
un promedio de 13,2 hojas por planta. Comparativamente a los resultados observados, se observa que la densidad que logró obtener mayor número de hojas fue la de D1 (15 cm x 15 cm) con un promedio de 12,13 para el mismo cultivar.

Neumann (1997) citado por Hoyos (2009), menciona que la tasa de crecimiento de las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el suministro sub óptimo de nutrientes podría afectar la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

Con respecto al análisis de coeficiente de varianza dio un 3,83% lo cual indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 7, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el número de hojas.

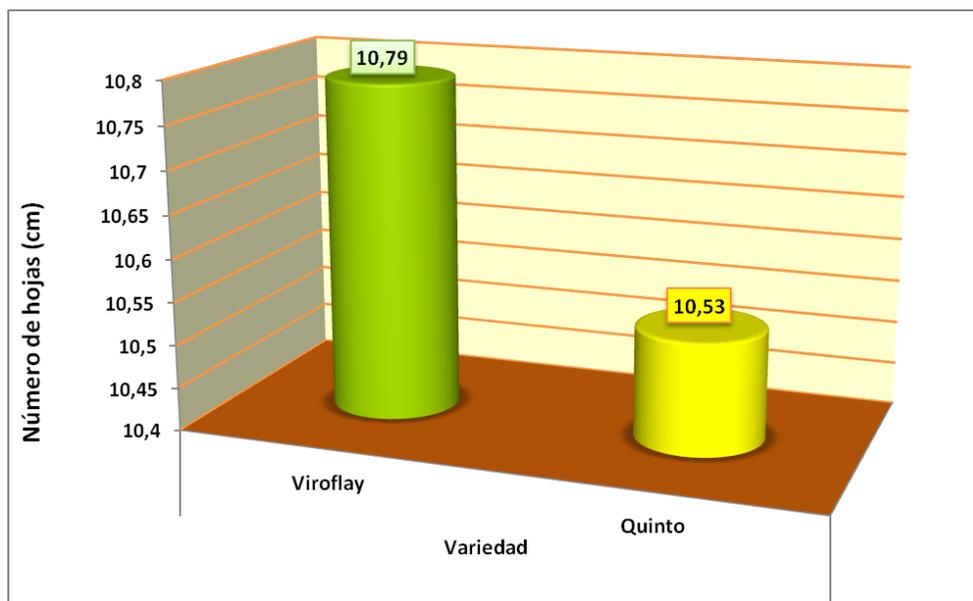
Figura 7. Comparación de medias del promedio de número de hojas para densidades



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se detalla cual fue el comportamiento de las variedades (Quinto y Viroflay), para el número de hojas promedio por planta.

Figura 8. Comparación de medias del promedio de número de hojas para variedades



Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias que se muestra en la figura 8, observa que no influye la variedad en el incremento de número de hojas, que sin importar la variedad que se utilice el número de hojas no cambiara notoriamente.

4.2.3. Ancho de la hoja en el sistema (NFT)

En el cuadro 6, se detalla los resultados del análisis de varianza para el ancho de la hoja en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 6. ANVA ancho de la hoja del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	7,25	1,04	2,01	3,10	2,24	NS
Columna	7	3,82	0,55	1,06	3,10	2,24	NS
Variedades	1	1,28	1,28	2,49	7,29	4,07	NS
Densidades	3	5,41	1,80	3,50	5,16	3,22	*
Var * Den	3	0,34	0,11	0,22	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	21,62	0,51				
TOTAL	63	39,73					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 11,53%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue no significativo, esto indica que el fotoperiodo no tuvo efecto directo en el crecimiento del ancho de la hoja del cultivo.

Para columnas se obtuvo de resultado no significativo, esto indica que la temperatura no tuvo un efecto directo para obtener un aumento del ancho de la hoja en el cultivo.

A si también para variedades, dió como resultado no significativo, indica que no influyo la variedad para obtener mayor ancho de la hoja.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado altamente significativo, que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el aumento del ancho de la hoja.

Para la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Con respecto al análisis de coeficiente de varianza, dió como resultado de un 8,74% que se encuentra por debajo del 12%, lo cual afirma que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 14. Análisis estadístico Duncan de las densidades de siembra respecto al ancho promedio de la hoja

DENSIDAD	Promedio (cm)	Desviación Estándar	Duncan
D1	6,56	0,29	a
D2	6,39	0,44	a
D3	6,18	0,68	a b
D4	5,77	0,44	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 14, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm), con un aproximado de 6,56 cm promedio en el ancho de la hoja, seguidamente D2 (20 cm x 20 cm) y D3 (25 cm x 25

cm) con un ancho de hoja estadísticamente similares de 6,39 cm y 6,18 cm. La peor densidad fue la D4 (30 cm x 30 cm) que alcanzó un promedio de 5,77 cm.

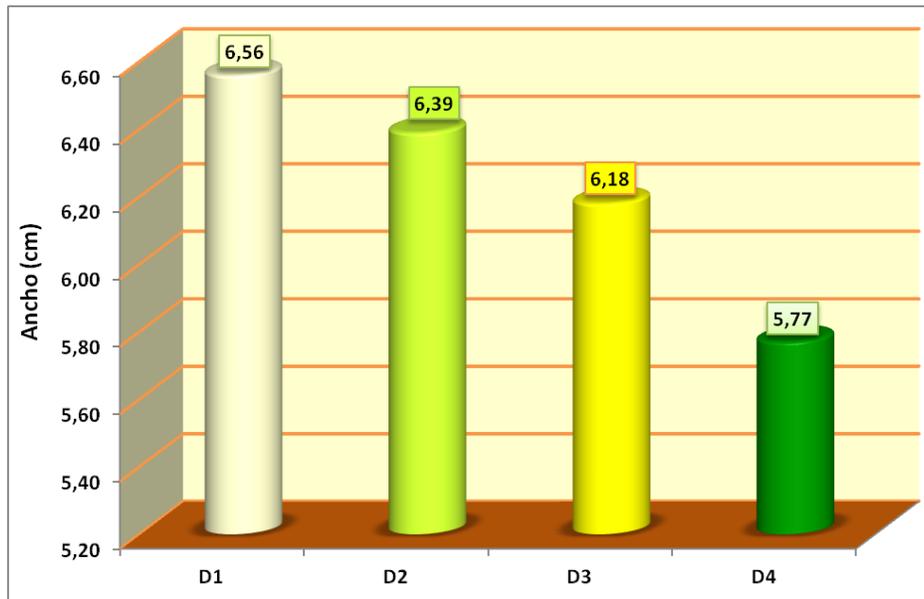
Según Sirpa, (2008) quien investigó el cultivo de espinaca bajo hidroponía, obtuvo al ancho de la variedad Viroflay alcanzo su madurez a los 19 días en condiciones de cultivo hidropónico, se pudo apreciar que el ancho presentó variación el promedio a los 19 días fue de 3 cm a los 32 días 4,3 cm a los 46 días 5,5 cm y finalmente a los 60 días 6,7 cm de los cuales a los 60 días alcanza un máximo de ancho de la hoja. En cambio de la Variedad Nueva Zelanda el promedio a los 19 días alcanzo 2,5 cm, a los 32 días 2,7 cm, a los 46 días 3,4 cm y finalmente a los 60 días alcanzó un 3,9 cm de ancho de la hoja.

A comparación de la presente investigación el ancho que alcanzó a los 20 días en promedio fue de 4,5 cm, y a los 42 días tuvo en promedio de 6,56 cm de ancho de la hoja, aproximándose a los datos dados en la investigación citada.

Según Vasquez (2006), quien investigó la evaluación agronómica de once cultivares de la espinaca, indica que entre el ancho de lámina promedio entre cultivares. La comparación múltiple de promedios determinó que los cultivares Laska, Condesa, Quinto y Viroflay presentan el mayor ancho de lámina, diferenciándose estadísticamente del resto de los cultivares.

En la figura 9, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el ancho de hoja.

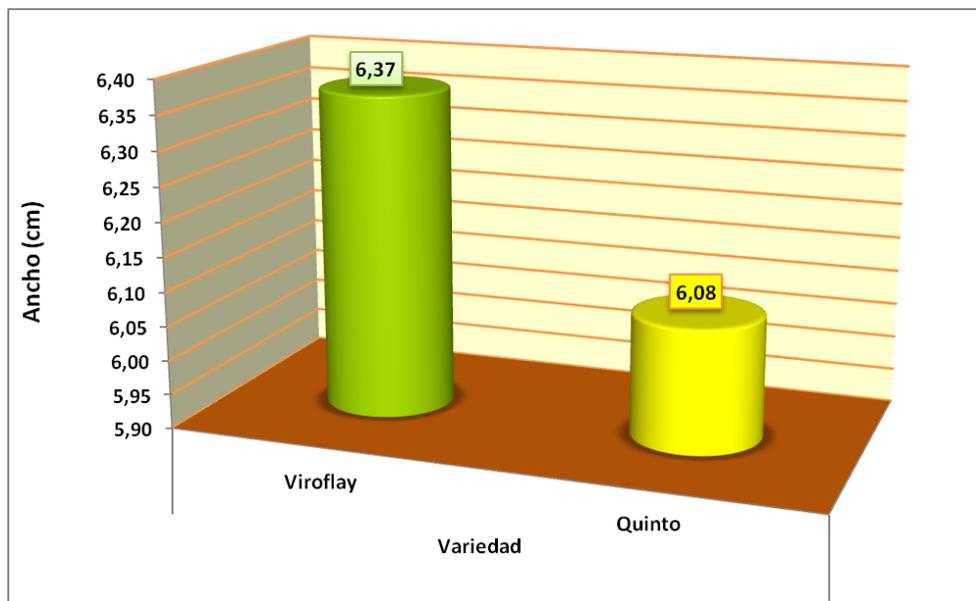
Figura 9. Comparación de medias del promedio de ancho de hoja para densidades



Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se muestra cuáles fueron los promedios alcanzados de las variedades (Quinto y Viroflay), para el ancho de la hoja.

Figura 10. Comparación de medias promedio para el ancho de la hoja



Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias que se muestra en la figura 10, se observa que no influye la variedad en el crecimiento del ancho de la hoja, que sin importar la variedad que se utilice el ancho de la hoja no cambiara notoriamente.

4.2.4. Largo de la hoja en el sistema (NFT)

Esta variable adquiere relevancia dado que la espinaca para uso industrial se cosecha mecanizadamente, con una altura de corte de 5 cm desde el nivel del suelo, razón por la cual se desea obtener plantas altas pero con una proporción mayor de lámina respecto al pecíolo según LE STRANGE *et al.*, 2001; MOTES *et al.*, (2006).

En el cuadro 7, se detalla los resultados del análisis de varianza para el largo de la hoja en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 7. ANVA del largo promedio de la hoja del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	114,12	16,30	4,89	3,10	2,24	**
Columna	7	26,39	3,77	1,13	3,10	2,24	NS
Variedades	1	33,98	33,98	10,19	7,29	4,07	**
Densidades	3	88,66	29,55	8,87	5,16	3,22	**
Var * Den	3	3,11	1,04	0,31	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	140,01	3,33				
TOTAL	63	406,28					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)

Significativo al 5% (*)

Altamente significativo al 1% (**)

CV = 8,60%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue altamente significativo, esto indica que el fotoperiodo tuvo efecto directo en el crecimiento del largo de la hoja.

Para columnas se obtuvo un resultado no significativo, indica que la temperatura no tuvo un efecto directo para obtener un mayor largo de la hoja.

A si también para variedades, dió como resultado altamente significativo, indica que si influyo la variedad para obtener mayor largo de la hoja.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado altamente significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el crecimiento del largo de la hoja.

Para la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Con respecto al análisis de coeficiente de variabilidad, dió como resultado de 8,6% lo cual indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 15. Comparaciones Duncan entre densidades para el largo de la hoja del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio (cm)	Desviación Estándar	Duncan
D1	22,94	1,05	a
D2	21,72	1,49	a
D3	20,28	1,6	b
D4	20,02	1,73	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 15, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm), seguidamente de la D2 (20 cm x 20 cm) y D3 (25 cm x 25 cm) con un aproximado de 22,94 cm y 21,72 promedio en el largo de la hoja, que son estadísticamente similares. La peor densidad fue la D4 (30 cm x 30 cm) que alcanzó un promedio de 20,02 cm.

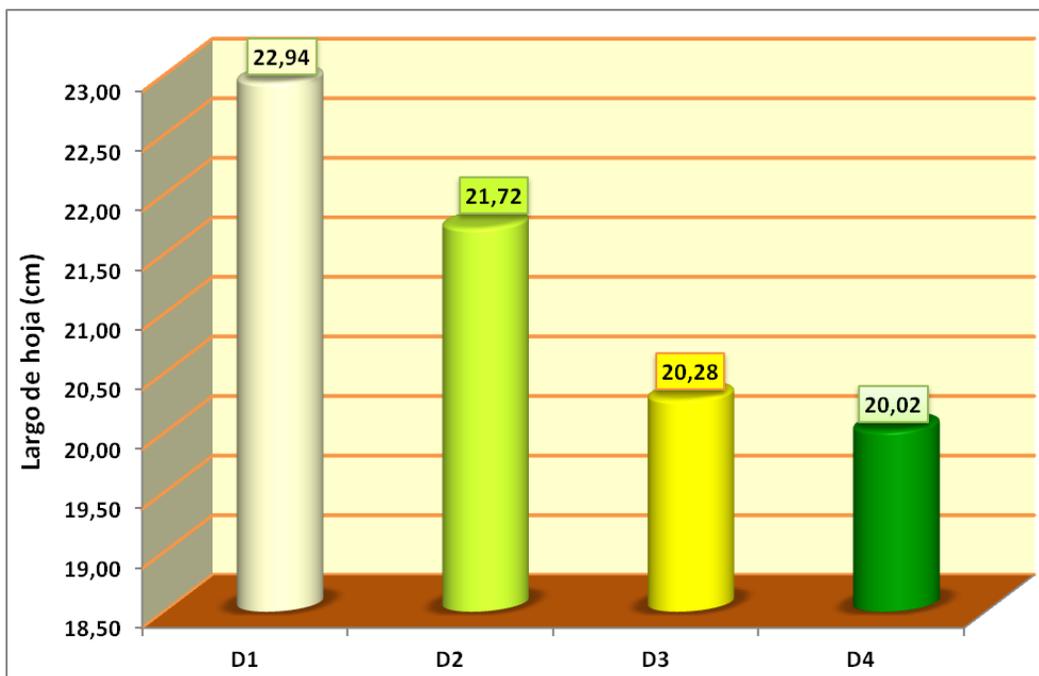
En el estudio realizado por Vasquez, (2006), en la evaluación de once cultivares de *Spinacea oleracea* L., la comparación de medias del promedio de altura alcanzado por las plantas entre cultivares, indica que Marimba, junto a Quinto, son los cultivares que se destacan del resto, con alturas que superan los 14 cm en densidades de 15 cm X 15 cm entre plantas.

Según Sirpa, (2008), que evaluó cultivo de espinaca *Spinacea oleracea* L, bajo hidroponía, indica que la variedad Viroflay presento mayor largo de hojas 4,5 cm en promedio con una densidad de 20 cm x 20 cm con respecto a la variedad Nueva Zelanda. A diferencia en la presente investigación se encuentra por encima de los

promedios del largo de hoja en ambas variedades, y diferentes densidades de trasplante.

En la figura 11, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el largo de hoja.

Figura 11. Comparación de medias del promedio de largo de hoja para densidades



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Comparaciones Duncan entre variedades para el largo de la hoja del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio (cm)	Desviación Estándar	Duncan
Quinto	21,97	2,33	a
Viroflay	20,51	2,47	b

Fuente: Elaboración propia

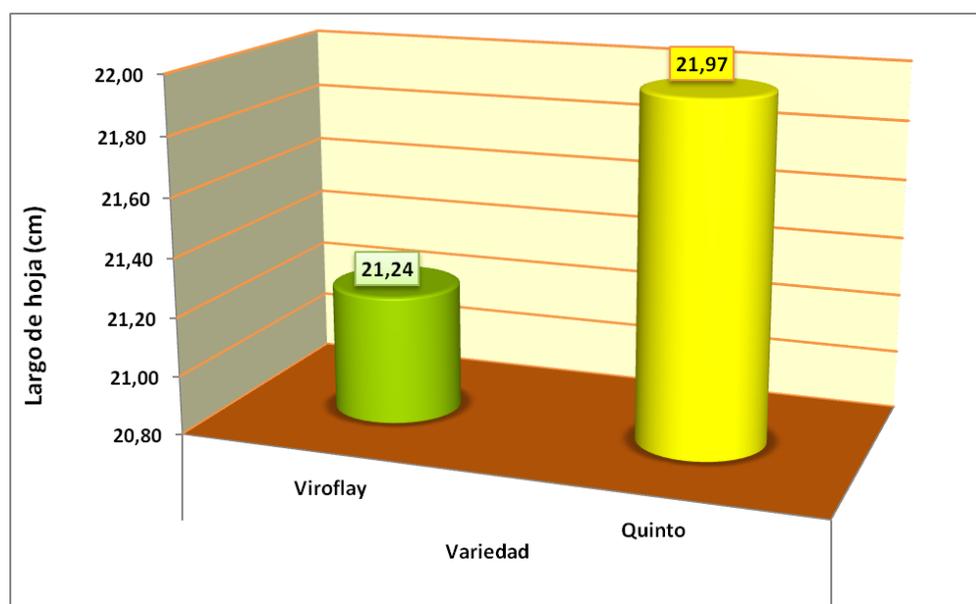
Según la comparación de medias Duncan que se muestra en la tabla 16, se destaca a la variedad Quinto con un promedio de 21,97 cm, como la que mayor largo de hoja alcanzó, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó en promedio de 20,51 cm de largo de hoja resultando ser la que menor largo de hoja obtuvo.

Callizaya, (2007), quien estudio el efecto de fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca, menciona que la diferencia que existe en cuanto a largo de la hoja, la variedad Jamaica muestra mayor desarrollo en largo de hoja que la variedad Viroflay, puede ser debido a la adaptabilidad, a las características genéticas y la capacidad de desarrollo fisiológico de la variedad, además los diferentes factores internos y externos que inciden durante el desarrollo del cultivo.

Afirmando en la presente investigación, donde la Variedad Viroflay obtuvo menor largo de hoja, a diferencia de la variedad Quinto, debido a la procedencia de la semilla o características no aptas para estas condiciones.

En la figura 12, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el largo de la hoja.

Figura 12. Comparación de medias del largo de hoja para variedades



Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Área foliar de la planta en el sistema (NFT)

En el cuadro 8, se detalla los resultados del análisis de varianza para el índice de área foliar de la planta, en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 8. ANVA del área foliar por planta del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	70573,51	10081,93	3,75	3,10	2,24	**
Columna	7	10487,81	1498,26	0,56	3,10	2,24	NS
Variedades	1	26928,36	26928,36	10,00	7,29	4,07	**
Densidades	3	28877,76	9625,92	3,58	5,16	3,22	*
Var * Den	3	6692,91	2230,97	0,83	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	113056,84	2691,83				
TOTAL	63	256617,19					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 9,27%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue altamente significativo, esto indica que el fotoperiodo tuvo efecto directo en el índice foliar de la planta.

Para columnas se obtuvo un resultado no significativo, indica que la temperatura no tuvo un efecto directo para el incremento del índice de área foliar de la planta.

A si también para variedades, dió como resultado altamente significativo, indicando que si influyo la variedad para el incremento del índice de área foliar.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el aumento del índice de área foliar para la planta.

Para la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Según al análisis de coeficiente de varianza resulto con un 9,27%, explicando que si hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 17. Comparaciones Duncan entre densidades para el área foliar de la hoja del cultivo de espinaca

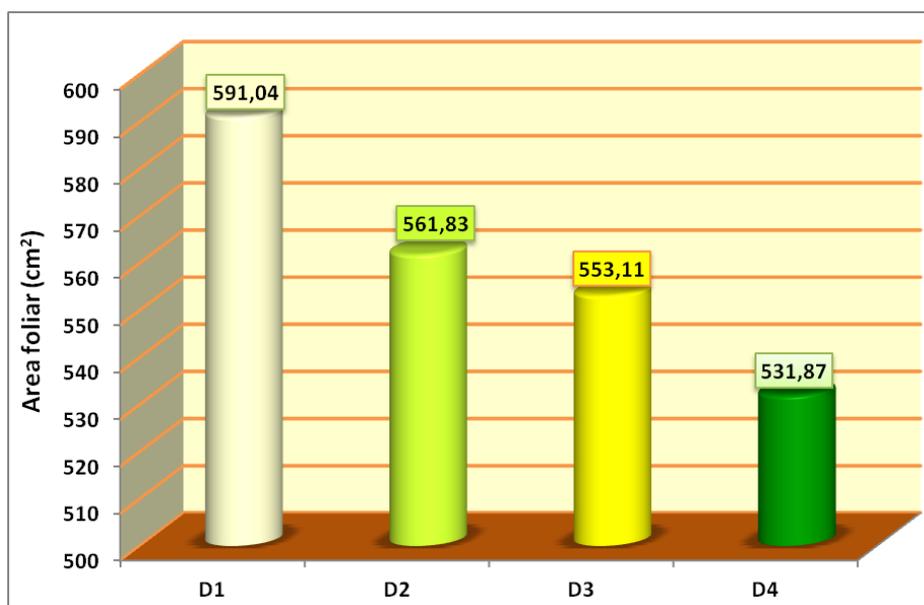
DENSIDAD	Promedio (cm ²)	Desviación Estándar	Duncan
D1	591,04	27,97	a
D2	561,83	45,62	a b
D3	553,11	11,89	a b
D4	531,87	31,84	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 17, la mejor densidad de trasplante, fue la D1 (15 cm x 15 cm), con un aproximado de 591,04 cm²/panta. Seguidamente de la D2 (20 cm x 20 cm) y D3 (25 cm x 25 cm) que alcanzaron promedios de 561,83 cm²/panta y 553,11 cm²/panta, que son estadísticamente similares, a diferencia de D4 (30 cm x 30 cm) que alcanzó un 531,87 cm²/panta, resultando ser la peor densidad.

En la figura 13, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el largo de la hoja.

Figura 13. Comparación de medias para el índice de área foliar de la hoja para densidades



Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Comparaciones Duncan entre variedades para el índice de área foliar del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio (cm ²)	Desviación Estándar	Duncan
Quinto	579,98	56,95	a
Viroflay	538,95	62,73	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 18, se destaca a la variedad Quinto con un promedio de 596,76 cm²/panta, como la que mayor índice de área foliar alcanzó, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó en promedio de 514,88 cm²/panta índice de área foliar, resultando ser la que menor índice de área foliar presentó.

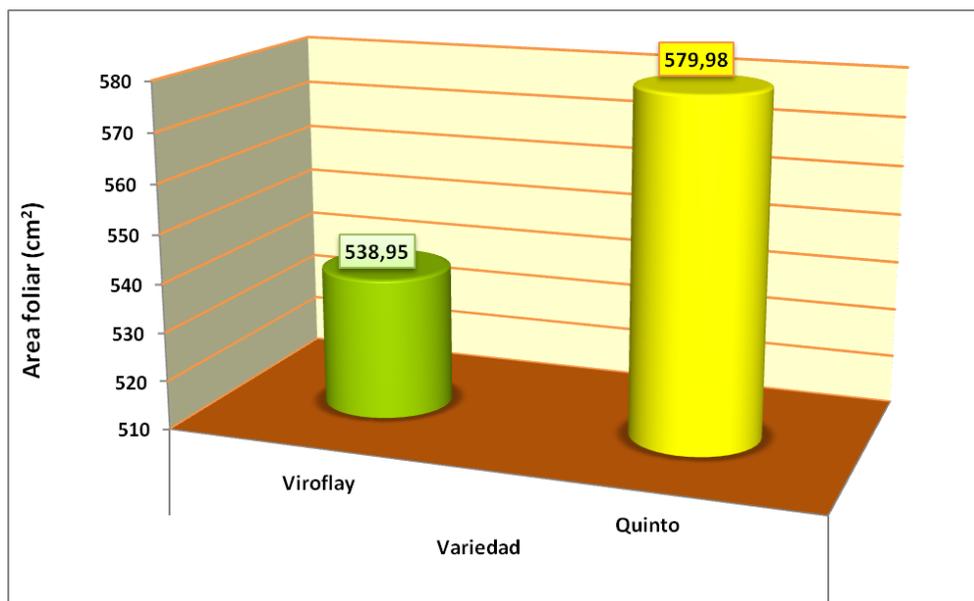
Según Rocha, (2014), quien estudio la evaluación agronómica en dos variedades de espinaca, menciona que en cuanto a las variedades, la variedad Viroflay muestra superioridad de índice de área foliar de la planta durante todas las cosechas realizadas, puede deberse a la mejor adaptabilidad a cambios bruscos de temperatura, a las características genéticas, la capacidad de desarrollo, además los diferentes factores internos y externos que inciden durante el desarrollo del cultivo.

Según la investigación fue lo contrario, siendo la variedad Quinto quien obtuvo mayor índice de área foliar, se puede deducir que la variedad Viroflay no se adecuó a los cambios de solución nutritiva que se dieron durante el ciclo del cultivo, afectando en la asimilación de nutrientes para poder obtener mayor índice de área foliar, o en todo caso sus características fisiológicas no son de todo favorables.

Según Rodríguez, (1982), al respecto indica que la cantidad suficiente de nitrógeno en la planta provoca mayor vigor vegetativo, aumenta el volumen y peso, debido al alargamiento celular y a la multiplicación celular.

En la figura 14, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el índice de área foliar.

Figura 14. Comparación de medias del índice de área foliar para variedades



Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Volumen de raíz en el sistema (NFT)

En el cuadro 9, se detalla los resultados del análisis de varianza para el volumen radicular, en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 9. ANVA volumen de raíz por planta del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7,00	3,43	0,49	2,25	3,10	2,24	*
Columna	7,00	3,71	0,53	2,43	3,10	2,24	*
Variedades	1,00	1,56	1,56	7,17	7,29	4,07	*
Densidades	3,00	2,40	0,80	3,67	5,16	3,22	*
Var * Den	3,00	0,16	0,05	0,25	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42,00	9,15	0,22				
TOTAL	63,00	20,41					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 8,74%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en las filas hubo significancia, lo cual explica que el fotoperiodo tuvo un efecto directo en crecimiento radicular.

Para columnas hubo significancia, lo cual explica que si influyo las temperatura en el crecimiento radicular.

Con respecto a las variedades dió como resultado significativo, lo cual indica que si influyo la variedad en el crecimiento radicular.

A sí mismo en densidades de siembra dió como resultado significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el crecimiento radicular.

A diferencia de la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente

Con respecto al análisis de coeficiente de variancia, dió como resultado de un 8,74% que se encuentra por debajo del 12%, lo cual afirma que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 19. Comparaciones Duncan entre densidades para el volumen radicular del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio	Desviación Estándar	Duncan
D1	5,66	0,32	a
D2	5,33	0,32	b
D3	5,21	0,38	b
D4	5,17	0,52	b

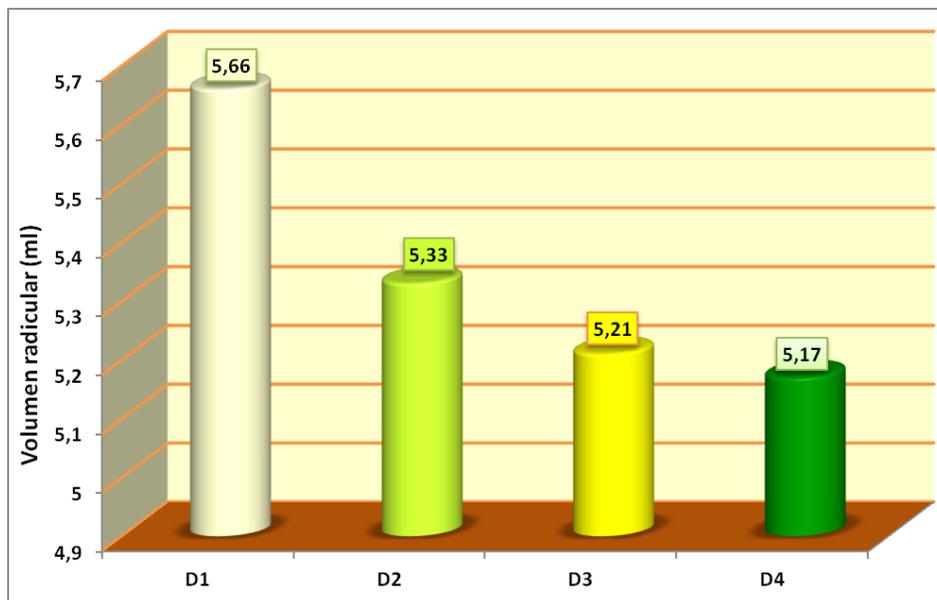
Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 19, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm), con un aproximado de 5,66 ml de volumen radicular, y las que menores volúmenes alcanzaron fueron la D2 (20 cm x 20 cm), D3 (25 cm x 25 cm) Y D4 (30 cm x 30 cm) que alcanzaron un promedios de 5,33 ml, 5,21 ml, 5,17 ml de volumen radicular, resultando ser la mejor la D1 que logro un promedio alto.

Según Rivera (2015), quien investigo la evaluación de tres variedades de lechuga cultivadas con la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrientes, afirma la evidencia que a mayor dificultad de circulación de la solución nutritiva por el sistema hidropónico NFT el volumen radicular se dificulta en su masa, puesto que la solución circula a 2 litros por minuto, teniendo como resultado la falta de oxigenación de la raíz. Se sospecha que la falta de aprovechamiento de los nutrientes afecto en el incremento de la masa radicular, ya que existió dificultad en la circulación de la solución nutritiva.

En la figura 15, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el volumen radicular.

Figura 15. Comparación de medias para densidades del volumen radicular



Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Comparaciones Duncan para el volumen radicular en variedades

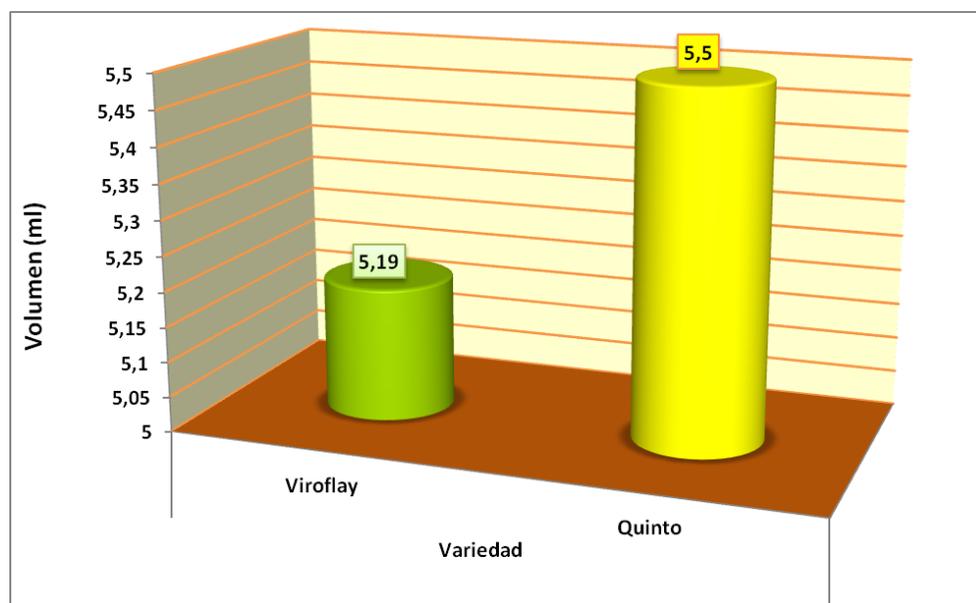
DENSIDAD	Promedio (cm ²)	Desviación Estándar	Duncan
Quinto	5,50	0,49	a
Viroflay	5,19	0,59	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 20, se destaca a la variedad Quinto con un promedio de 5,5 ml, que logró un mayor volumen radicular, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó en promedio de 5,19 ml de volumen radicular.

En la figura 16, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el volumen radicular.

Figura 16. Comparación de medias del volumen radicular de la raíz para variedades



Fuente: Elaboración propia

4.2.7. Peso fresco de la planta completa

En el cuadro 10, se detalla los resultados del análisis de varianza para el peso fresco de la planta completa, en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 10. ANVA del peso fresco por planta del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	401,10	57,30	3,35	3,10	2,24	**
Columna	7	211,93	30,28	1,77	3,10	2,24	NS
Variedades	1	198,62	198,62	11,61	7,29	4,07	**
Densidades	3	508,24	169,41	9,91	5,16	3,22	**
Var * Den	3	10,60	3,53	0,21	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	718,36	17,10				
TOTAL	63	2048,85					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 6,80%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue altamente significativo, esto indica que el fotoperiodo tuvo efecto directo el peso fresco de la planta.

Para columnas se obtuvo en resultado no significativo, indica que la temperatura no tuvo un efecto directo en el peso de la planta.

A si también para variedades, dió como resultado altamente significativo, indicando que si influyo la variedad para el peso de la planta completa.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado altamente significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el peso fresco de la plata.

A diferencia de la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Para el análisis de coeficiente de variancia, dió como resultado de un 6,80% que se encuentra por debajo del 12%, lo cual afirma que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 21. Comparaciones Duncan entre densidades para el peso de la planta completa del cultivo de espinaca

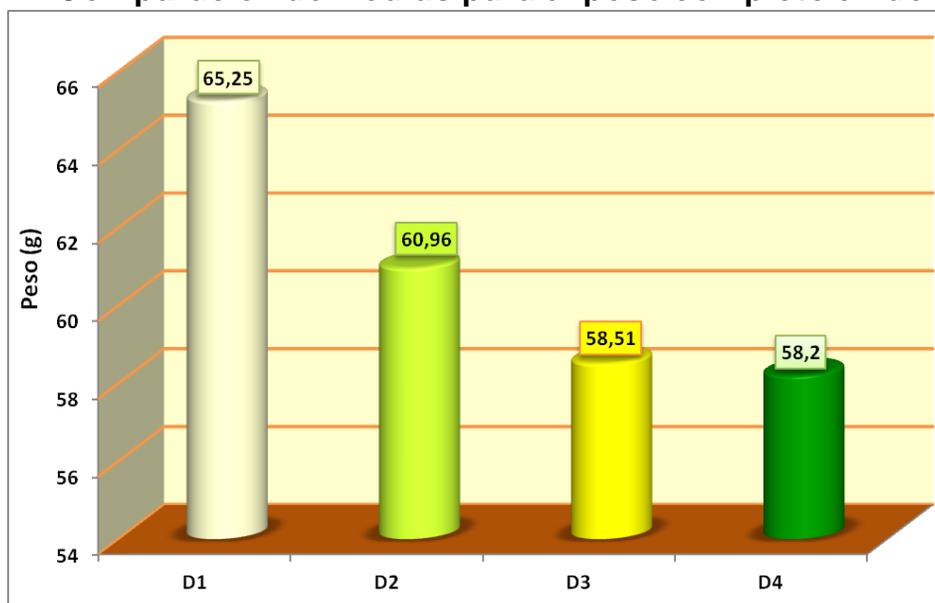
DENSIDAD	Promedio	Desviación Estándar	Duncan
D1	65,25	2,74	a
D2	60,96	2,02	b
D3	58,51	3,51	b
D4	58,2	4,41	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 21, las mejores densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm) con un aproximado de 65,25 g/planta, a diferencia de las D2 (20 cm x 20 cm), D3 (25 cm x 25 cm) Y D4 (30 cm x 30 cm) lograron promedios de 60,96 g/planta, 58,51 g/planta y 58,2 g/planta que se encuentran por debajo de la D1 y que estadísticamente son similares, resultando ser la mejor la D1.

En la figura 17, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el peso completo de la planta.

Figura 17. Comparación de medias para el peso completo en densidades



Fuente: Elaboración propia

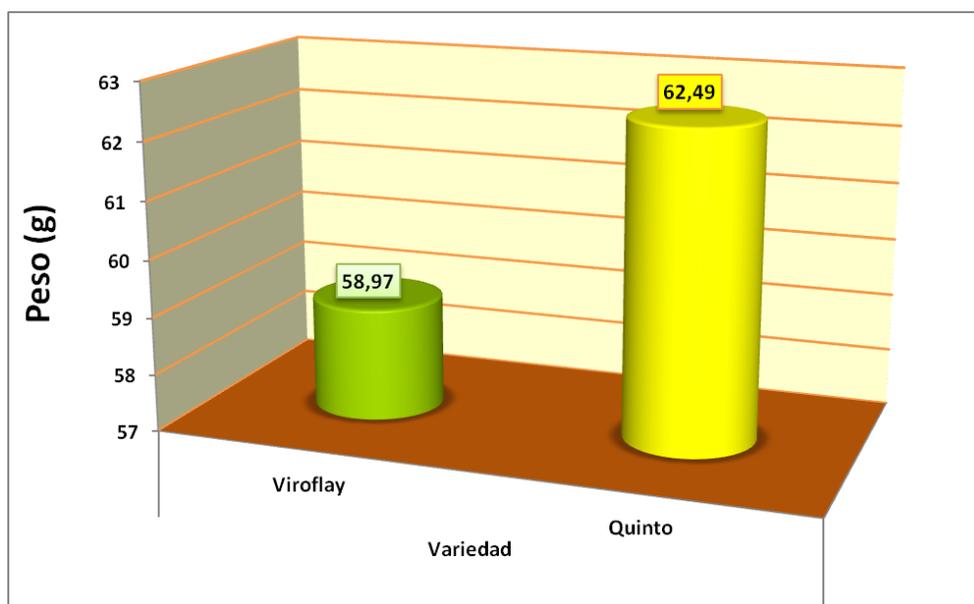
Tabla 22. Comparaciones Duncan entre variedades para el peso de la planta completa del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio (g)	Desviación Estándar	Duncan
Quinto	62,49	5,06	a
Viroflay	58,97	5,67	b

Según la comparación de medias Duncan realizado que se detalla en la tabla 22, se destaca a la variedad Quinto con un promedio de 62,49 g de peso fresco, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó en promedio de 58,97 g de peso fresco, resultando ser la variedad Quinto que mostro superioridad respecto a variedad Viroflay.

En la figura 18, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el peso completo de la planta.

Figura 18. Comparación de medias del peso fresco para variedades de la planta completa



Fuente: Elaboración propia

4.2.8. Peso fresco de la parte comestible de la planta

En el cuadro 11, se detalla los resultados del análisis de varianza para el peso fresco comestible, en las dos variedades (Quinto y Viroflay) en diferentes densidades de trasplante del cultivo de espinaca.

Cuadro 11. ANVA de peso fresco comestible por planta del cultivo de espinaca

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	
Filas	7	411,49	58,78	3,06	3,10	2,24	*
Columna	7	265,02	37,86	1,97	3,10	2,24	NS
Variedades	1	164,57	164,57	8,58	7,29	4,07	**
Densidades	3	505,10	168,37	8,78	5,16	3,22	**
Var * Den	3	5,78	1,93	0,10	5,16	3,22	NS
Error Experimental	42	805,76	19,18				
TOTAL	63	2157,71					

Fuente: Elaboración propia

No significativo (NS)
Significativo al 5% (*)
Altamente significativo al 1% (**)

CV = 8,11%

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se llegó a determinar que en filas, el resultado fue significativo, esto indica que el fotoperiodo tuvo efecto directo en el peso fresco comestible de la planta.

Para columnas se obtuvo no significativo, indica que la temperatura no tuvo un efecto directo en el peso fresco comestible de la planta.

A si también para variedades, dió como resultado altamente significativo, indica que si influyo la variedad para el peso fresco comestible de la planta completa.

Con respecto a densidades de siembra dió como resultado altamente significativo, lo que indica que las densidades tuvieron un efecto directo en el peso fresco comestible de la planta.

A diferencia de la interacción de variedades y densidades dió como resultado no significativo, lo cual indica que cada factor actuó de manera independiente.

Con respecto al análisis de coeficiente de varianza se tiene un 8,11% que se encuentra por debajo del 12% lo cual indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 23. Comparaciones duncan entre densidades para el peso comestible de la planta completa del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio	Desviación Estándar	Duncan
D1	58,54	2,72	a
D2	54,1	2,93	b
D3	51,85	3,51	b
D4	51,48	4,36	b

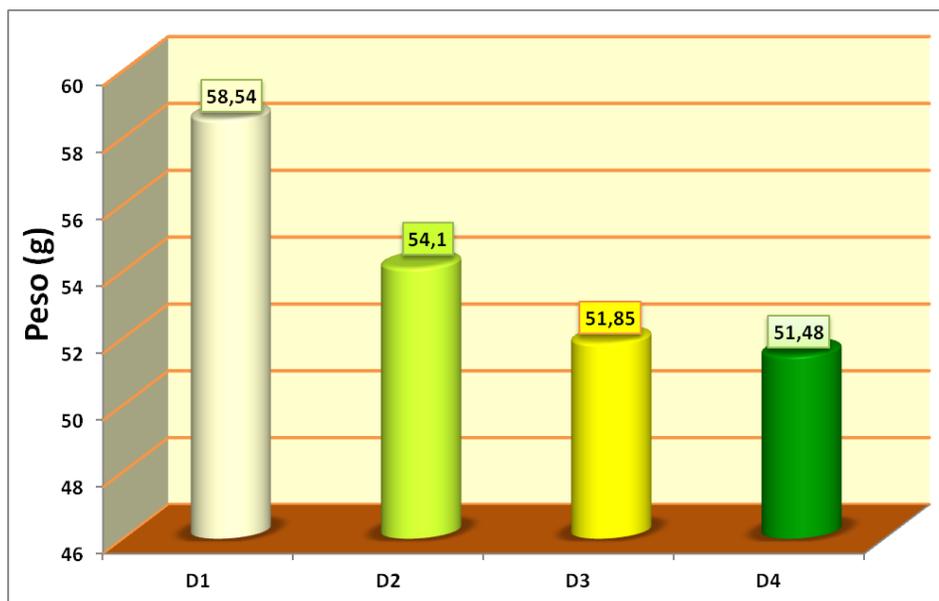
Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 23, la mejor densidad de trasplante fue la D1 (15 cm x 15 cm) con un aproximado de 58,54 g/planta, a diferencia de las D2 (20 cm x 20 cm), D3 (25 cm x 25 cm) Y D4 (30 cm x 30 cm) lograron promedios de 54,1 g/planta, 51,85 g/planta y 5,48 g/planta que se encuentran por debajo de la D1 y que son estadísticamente similares, resultando ser la D1 la mejor .

Según Sirpa, (2008), que evaluó cultivo de espinaca *Spinacea oleracea* L, bajo hidroponía, indica que existe diferencias entre las variedades de Viroflay con un promedio de 74,5 gr/planta/m² con densidad de (20 cm x 20 cm) y Nueva Zelanda con un promedio de 91 gr/planta/m² con densidad de (20 cm x 20 cm). Lo cual afirma que en la presente investigación la D1 (15 cm x 15 cm) obtiene un promedio de 94,35 gr/planta, deduciendo a la D1 como la mejor.

En la figura 19, se detalla gráficamente el comportamiento de las densidades para el peso fresco comestible de la planta

Figura 19. Comparación de medias para el peso comestible en densidades



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Comparaciones Duncan entre variedades para el peso fresco comestible del cultivo de espinaca

DENSIDAD	Promedio (cm)	Desviación Estándar	Duncan
Quinto	55,60	5,55	a
Viroflay	52,39	5,61	b

Fuente: Elaboración propia

Según la comparación de medias Duncan que se detalla en la tabla 24, se destaca a la variedad Quinto con un promedio de 55,6 g de rendimiento, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó en promedio de 52,39 g de rendimiento, resultando ser la variedad Quinto, que mostro superioridad respecto a variedad Viroflay.

Al respecto, el estudio realizado por ZINK (1965), determinó un rendimiento de 16 ton/ha, con una fertilización nitrogenada en dosis de 60 kg/ha. En cambio en la presente investigación se tuvo un promedio del mejor tratamiento de 30 t/ha, donde se tiene rendimientos por encima de la referencia dada anteriormente, se tiene la consideración de que el presente estudio fue en sistema hidropónico, donde se pretende reducir el espacio, a diferencia de los antecedentes mencionados por los

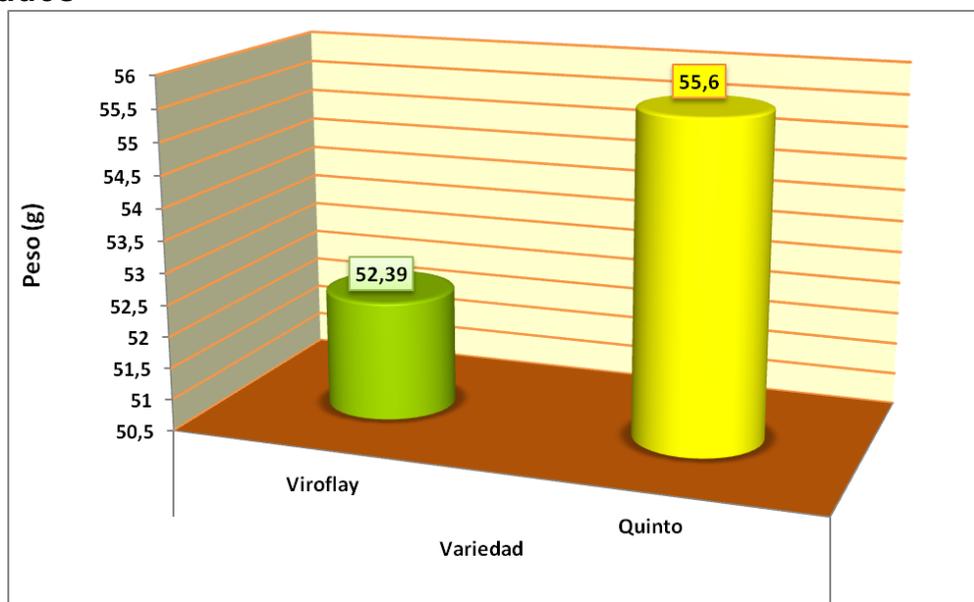
diferentes autores el estudio fue realizado en suelo donde se obtuvo 16 plantas/m² en cambio en la presente investigación se tiene 59 plantas/m², esto explica que el sistema hidropónico viene siendo una gran ventaja para obtener mayor producción en espacios reducidos.

Otros antecedentes, entregados por GONZALEZ (2004), indican que bajo condiciones de invernadero, con una temperatura media interior de 15 °C, los cultivares Viroflay y Olympia, alcanzaron rendimientos cercanos a las 9 y 32 t/ha respectivamente. Estos resultados fueron encontrados en la depresión intermedia de la VIII región, en siembras otoñales, y con un periodo desde siembra a cosecha de 110 días.

Otra investigación, realizada por BRADLEY et. al., (1975) informó que se obtuvo rendimientos cercanos a las 25 a 32 t/ha, con una aplicación de nitrógeno en dosis de 134 kg/ha, donde se encontraron resultados similares a los obtenidos en esta investigación, con rendimientos promedio de 25 a 31 t/ha, respectivamente, valor que para el cultivar Quinto evaluado en este estudio corresponde a 31 t/ha.

En la figura 20, se detalla gráficamente el comportamiento de las variedades para el peso fresco comestible de la planta.

Figura 20. Comparación de medias para el peso comestible en variedades



Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis económico

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de investigación y el respectivo análisis estadístico, es esencial realizar un análisis económico de los resultados, de tal forma dar recomendaciones benéficas o no benéficas de la presente investigación, combinados con los aspectos agronómicos.

El análisis económico nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento, facilitándonos algún cambio tecnológico en nuestro sistema de producción, en este caso el cultivo de espinaca.

4.3.1. Rendimiento ajustado

El rendimiento ajustado de cada variedad con densidades diferentes se ve el beneficio medio reducido en un cierto porcentaje, con el fin de reflejar la diferencia entre las variedades con diferentes densidades, ver que se puede lograr en una producción a pequeña escala con los diferentes tratamientos. La cantidad de espinacas que se cultivó por metro cuadrado fue de 38 plantas en el sistema NFT. Estos datos se reflejaron en el cuadro 12.

Cuadro 12. Rendimiento ajustado por campaña

RENDIMIENTOS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento promedio en kg/m ²	4,24	2,80	2,13	1,61	4,50	2,97	2,29	1,68
Rendimiento Ajustado (-10%)	3,81	2,52	1,92	1,45	4,05	2,67	2,06	1,52

Fuente: Elaboración propia

En este caso se tomó la recomendación del manual de Evaluación Económica del centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), donde se considera un 10% del rendimiento obtenido en la investigación, se justifica ya que durante la investigación las unidades experimentales recibieron atención y cuidado especial, a diferencia del ámbito comercial estos no dan atención especial a sus cultivos.

En lo que respecta al número de campañas, cabe mencionar que en época de frío el ciclo productivo de la espinaca incrementa aun estando en sistema NFT, como en el caso de la investigación, ya que fue investigada en época de invierno, se obtuvo

producción a los 62 días, según investigaciones anteriormente realizadas el ciclo productivo es de 50 días en promedio.

Mediante la presente investigación se puede lograr 9 ciclos/año, considerando que están en almacigo (primera fase) 20 días, y en piscinas de aclimatación (segunda fase) durante 5 días, en sistema (fase final) 37 días hasta terminar su ciclo productivo.

4.3.2. Beneficio bruto

El beneficio bruto se calcula multiplicando el rendimiento ajustado en 1.000 m² del ambiente atemperado, por el precio promedio de kilogramo de espinaca hidropónica, para el cálculo de beneficio bruto anual se multiplicó el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año.

Cuadro 13. Beneficio bruto anual

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento promedio en kg/m ²	4,24	2,8	2,13	1,61	4,5	2,97	2,29	1,68
Rendimiento Ajustado (-10%)	3,81	2,52	1,92	1,45	4,05	2,67	2,06	1,52
Precio (Bs/kg)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Beneficio Bruto (Bs/m ²)	52,98	35	26,63	20,14	56,29	37,13	28,68	21,04
Numero de Campañas Año	9	9	9	9	9	9	9	9
Beneficio Bruto Año Bs/m ²	476,812	315,025	239,66	181,29	506,625	334,175	258,1	189,375
Beneficio Bruto Año Bs / 8m ²	3814,5	2520,2	1917,28	1450,32	4053	2673,4	2064,8	1515

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 13. Se observa que los que mayor beneficio bruto obtuvo fue el T₅ variedad Quinto D1 (15 cm x 15 cm) con un aproximado de 506,62 Bs/Año/m², seguido del T₁ Variedad Viroflay D1 (15 cm x 15 cm) con un 476,81 Bs/Año/m² a diferencia de los T₂, T₃, T₄, T₆, T₇ y T₈ quienes menores beneficio bruto obtuvieron.

4.3.3. Costos variables

Para obtener los costos variables, se considera los costos de insumos que se utilización en cada tratamiento, ya que estos pueden varias en el precio según las épocas de año.

Cuadro 14. Costos variables por variedades (Bs/año)

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Insumo	13,84	13,84	13,84	13,84	13,69	13,69	13,69	13,69
Mano de Obra	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13
Total Costos Variables/ Campaña	26,97	26,97	26,97	26,97	26,82	26,82	26,82	26,82
Número de Campañas Año	9	9	9	9	9	9	9	9
Total Costos Variables/ 8 m ²	215,76	215,76	215,76	215,76	214,56	214,56	214,56	214,56
Total Costos Variables (Bs/Año)	1941,84	1941,84	1941,84	1941,84	1931,04	1931,04	1931,04	1931,04

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro 14, en costos variables quienes más costo alcanzaron fueron los T₁, T₂, T₃ y T₄ con un 215,72 Bs/Año/m² ya que lo que influyo fue el precio de la semilla, el costo de la semilla de la variedad Viroflay en un poco más elevada y su porcentaje de germinación es inferior, con respecto al costo de la variedad Quinto

4.3.4. Costos fijos

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. Para este trabajo se han tomado en cuenta los costos de la infraestructura, instalación de sistema hidropónico re circulante, bomba eléctrica, herramientas, temporizadores y otros gastos, costos que fueron calculados por año.

Cuadro 15. Costos fijos por variedades (Bs/año)

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Costo Carpa Solar/Año	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Costo Sistema Hidroponico (Bs/Año)	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00
Herramientas (Bs/Año)	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00
Otros Gastos	100	100	100	100	100	100	100	100
Total Costos Fijos (Bs/Año)	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Costos totales

Los costos totales es la suma de los costos variables + los costos fijos, que son mostrados a detalle en el cuadro 16.

Cuadro 16. Costos totales por variedades (Bs/año)

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Total Costos Variables (Bs/Año)	1941,48	1941,48	1941,48	1941,48	1930,68	1930,68	1930,68	1930,68
Total Costos Fijos Bs/Año	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00
TOTAL COSTOS (Bs/Año)	3050,48	3050,48	3050,48	3050,48	3039,68	3039,68	3039,68	3039,68

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro 16, se observa que los T₁, T₂, T₃ y T₄ son los que mayor costo alcanzaron a diferencia de los T₅, T₆, T₇ y T₈ que vendrían siendo los que menos costo tuvieron, debido al costo de la semilla elevada de la variedad Viroflay y con menor porcentaje de germinación fue lo que ascendió en un aproximado de 10Bs/Año haciendo diferencia de la variedad Quinto.

4.3.6. Beneficio neto

Los beneficios netos nos reflejan ingresos obtenidos luego de restar los costos totales, que se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Beneficio neto anual

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Beneficio Bruto (Bs/Año)	3814,50	2520,20	1917,28	1450,32	4053,00	2673,40	2064,80	1515,00
Total Costos (Bs/Año)	3050,48	3050,48	3050,48	3050,48	3039,68	3039,68	3039,68	3039,68
Beneficio Neto (Bs/Año)	764,02	-530,28	-1133,20	-1600,16	1013,32	-366,28	-974,88	-1524,68

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro 17, del análisis económico realizado el T₅ Variedad Quinto D1 (15 cm x 15 cm) resulto der el mejor, alcanzando un beneficio neto de 1013,32 Bs/Año, haciendo gran diferencia del T₄ Variedad Viroflay D1 (30 cm x 30 cm) que obtuvo un beneficio neto -1600,06 Bs/Año lo cual explica que en vez de tener beneficio más bien se pierde. Es preferible trabajar con la variedad Quinto.

4.3.7. Relación beneficio costo (Bs/Año)

Es la relación que existe entre los beneficios brutos sobre costo de producción que será detallado en el cuadro 18.

Cuadro 18. Beneficio/costo

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Beneficio Neto (Bs/Año)	3814,50	2520,20	1917,28	1450,32	4053,00	2673,40	2064,80	1515,00
Total Costos (Bs/Año)	3050,48	3050,48	3050,48	3050,48	3039,68	3039,68	3039,68	3039,68
Beneficio Costo (Bs/Año)	1,25	0,83	0,63	0,48	1,33	0,88	0,68	0,50

Fuente: Elaboración propia

Según al análisis económico realizado que se muestra en el cuadro 18, indica que el T₅ Variedad Quinto D1 (15 cm x 15 cm) logró un 1,33 Bs/Año, lo cual significa que por cada boliviano invertido se logra tener de ganancia 0,33 Bs. adicional del capital invertido, seguidamente los T₁, resulto estar por detrás del T₅, pasando a ser rentable en cambio los T₂, T₃, T₆, T₇, y T₈, resultaron no ser rentables, y el T₄ Variedad Viroflay D4 (30 cm x 30 cm) alcanzó un beneficio/costo de 0,48 Bs/Año lo que indica que por cada boliviano invertido se pierde 0,52 Bs resultando ser el peor tratamiento.

Sin embargo es conveniente realizar cultivos hidropónicos en sistema NFT con espinaca de la variedad Quinto D1 (15 cm x 15 cm), que resulto obtener las mejores características en las variables de respuesta y a la vez un beneficio costo por encima de 1 Bs de ganancia. Cabe mencionar que solo se consideró 9 ciclos, si se realiza bien los tiempos se puede obtener hasta 11 ciclos de producción continua, de esta manera mejorar los ingresos e incrementar en el rendimiento pasando a ser rentable la producción de espinaca.

También mencionar que el cultivo de espinaca puede rendir hasta cuatro cortes, pero se tendría que mejorar la condición del sistema, aumentando de diámetro los canales de circulación de los nutrientes.

En cambio según Quispe (2015), quien investigo evaluación de seis variedades de lechuga cultivadas con el sistema re circulante NFT, menciona que obtuvo beneficio

costo de 1 en la mayoría de sus tratamientos, significando que no es rentable producir lechuga en este tipo de sistema. En cambio en el estudio realizado mostramos que si se puede lograr producción en el sistema NFT con rentabilidad y ganancia, siempre y cuando la producción sea continua y se tenga mercado.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados en la presente investigación se concluye:

- Para las dos variedades en estudio, quien resultó tener mayor rendimiento fue la variedad Quinto con un 55,6 g/planta, a diferencia de la variedad Viroflay que alcanzó rendimientos menores a comparación de la variedad Quinto. Deduciendo que el tipo de variedad tuvo un efecto directo en el rendimiento, se sospecha que las características no fueron del todo favorables afectando de manera directa al cultivo.
- Respecto al tipo de almacigo que se estudió, se tuvieron mayores porcentajes de germinación en el tipo de almacigo, sustrato inerte alcanzando un 58% de germinación, a diferencia de almacigo en bandejas flotantes no se tuvo resultados favorables solo se logró un 7% de germinación. Cabe recalcar que la esponja no alcanzó la porosidad suficiente afectando al ingreso del hipocotíleo de la semilla hacia la parte inferior, a si también se sospecha que influyo la temperatura que se daba dentro de la carpa, afectando a la germinación de las semillas.
- Para el porcentaje de prendimiento en el sistema NFT, se logró destacar que los porcentajes de prendimiento estuvieron por encima del 90% en todos los tratamientos de estudio, por lo que significa que sirvió de gran manera realizar la aclimatación de 3 días en piscinas flotantes lo que favoreció a obtener plantas con características favorables.
- Respecto al número de hojas, para densidades se tiene como mejor a la D1 (15 cm x 15 cm) que logró alcanzar un número de hojas aproximado de 12, y con menor promedio se tiene a la D4 (30 cm x 30 cm) con 10 hojas aproximadamente. En variedades los resultados fueron estadísticamente similares.
- Con respecto al ancho de la hoja la variedad Viroflay logró un promedio de 6,37 cm de ancho de la hoja, seguidamente de la variedad Quinto que tuvo un

promedio de 6,08 cm de ancho de hoja, resultando ser la variedad Viroflay la mejor. Para densidades la D1 (15 cm x 15 cm) logró un 6,56 cm de ancho de hoja resultando ser la mejor, a diferencia de la D4 (30 cm x 30 cm) que alcanzó un ancho de hoja inferior a las demás. Deduciendo que a menor densidad mayor facilidad de absorción de nutrientes.

- Para el largo de la hoja la D1 (15 cm x 15 cm), con un promedio de 22,94 cm de largo de hoja resultó ser el mejor, a diferencia de la D4 (30 cm x 30 cm) con un promedio de 20,02 cm que fue la peor densidad. Para variedades, la mejor logró un 21,97 cm en promedio de la variedad Quinto, resultando ser la peor la variedad Viroflay.
- Para el área foliar se tiene a la D1 (15 cm x 15 cm) con un promedio de 591,04 cm²/planta como la mejor, y como la peor a la D4 (30 cm x 30 cm) quien obtuvo un promedio de índice de área foliar de 531,87 cm²/planta. Para variedades se tiene a Quinto con 579,98 cm²/planta como la mejor, y como la peor a la variedad Viroflay que logró un 538,95 cm²/planta. Se sospecha que la variedad Viroflay no se adecuó de manera normal en el sistema, afectando el índice de área foliar.
- Para el volumen radicular se tiene a la D1 (15 cm x 15 cm) con un promedio de 5,66 ml como la mejor, y como la peor a la D4 (30 cm x 30 cm) quien obtuvo un promedio de 5,17 ml resultando ser la que menor volumen logró. Para variedades se tiene a Quinto con 5,5 ml como la mejor, y como la peor a la variedad Viroflay que logró un 5,19 ml. Se sospecha que la variedad Viroflay no se adecuó al sistema, afectando a la masa radicular posterior a ello a las demás características agronómicas.
- Para el peso fresco de la planta completa se tiene a la D1 (15 cm x 15 cm) que obtuvo un rendimiento promedio de 66,25 gr/planta resultando ser el mejor, y como la peor a la D1 (30 cm x 30 cm) que alcanzó un promedio de 58,2. Para variedades se tiene a Quinto como la mejor con un 62,49 g/planta y

como la peor a Viroflay. Deduciendo que la variedad Viroflay no tuvo un normal aprovechamiento de los nutrientes.

- Respecto al rendimiento del cultivo se tiene a la D1 (15 cm x 15 cm) que alcanzó un rendimiento promedio de 58,54 gr/planta como la mejor, a diferencia de la D4 (30 cm x 30 cm) que obtuvo un promedio de 51,48 gr/planta. Para variedades se tiene a Quinto con 55,6 g/planta como la mejor variedad, y como la que menores rendimientos alcanzó a la variedad Viroflay. De igual manera la variedad Viroflay no tuvo un normal consumo de los nutrientes.
- Respondiendo al último objetivo, quien más rentable resultó ser, fue la variedad Quinto D1 (15 cm x 15 cm) obteniendo de beneficio costo de 1,33 Bs, seguidamente de la variedad Viroflay D1 (15 cm x 15 cm) que logró tener un beneficio costo de 1,25 Bs, a diferencia de la variedad Viroflay D1 (30 cm x 30 cm) resultó tener un 0,48 Bs donde se explica que se tiene perdida.
- En conclusión es preferible utilizar, para una producción masiva, la variedad Quinto a una D1 (15 cm x 15 cm) ya que presenta rendimientos altos, y varias características favorables para la comercialización, a la vez rentabilidad en producción.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda probar almacigueras flotantes en esponjas, ya que es favorable en cuanto a control de plagas y enfermedades se refiere.
- Se recomienda construir los canales de conducción de los nutrientes a un diámetro mayor del presente estudio, ya que producto del tamaño se tuvo problemas con el crecimiento de la raíz afectando a la libre circulación de los nutrientes.
- Se debe de tener todos los equipos necesarios para poder cultivar en hidroponía ya que a falta de alguno se pueda dar de baja la producción agrícola de la espinaca.
- Utilizar la variedad Quinto como primera opción, ya que fue quien mejores resultados dio.
- Utilizar para cualquier investigación la densidad (15 cm x 15 cm) entre plantas para obtener mejores resultados.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1. LITERATURA CONSULTADA

ALVAREZ G. J. 1999. Hidroponía. Alta Vista. Disponible en Alvarezg@hotmail.com

ARTEAGA, Y., 2003. Diseños experimentales. Bolivia. 17-31 p.

BELLAPART, C., 1996. Nueva Agricultura Biológica en Equilibrio con la Agricultura Química. Editorial Mundi Prensa. España. 298 p.

BIRGI, J., 2015. Producción hidropónica de hortaliza de hoja. pp. 25

BORREGO, M., 1995. Horticultura Herbácea Especial. Segunda Edición. Mundi Prensa. Madrid España. Pp. 255-258.

BRADLEY, G.A.; SISTRUNK, W.A. Y BAKER, E.C., 1975. Effect of plant spacing, nitrogen and cultivar on spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield and quality. Journal of the American Society for Horticultural Science. 100 (1): 45-48.

CALLIZAYA, F., 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo condiciones de ambiente protegido en el municipio de El Alto. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. pp. 93

CAPDEVILLA, J., 1981. Frutales y hortalizas. Erradicación de elementos hostiles. Biblioteca AEDOS. Barcelona. 213 – 215 pp.

ESCOBAR, C., 2013. Usos potenciales del humus (abono orgánico lixiviado y solido) en la empresa ferti lombriz Consultado el 8 de agosto de 2013. Disponible en <http://www.usospotencialesdelhumus.com> 37 p.

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

GILSANZ, J., 2007. Hidroponía. Montevideo, Uruguay. INIA Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 31 p.

GONZALEZ, M., DEL POZO, A., COTRONEO, D., y PERTIERRA, R., 2004. Días a floración en espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: respuesta a la temperatura y al fotoperiodo. Agricultura Técnica (Chile) 64 (4): 331-337 p

GRUPO OCÉANO., 2007. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. Editorial Océano. Barcelona España.

GUTIERREZ, S; HERNÁNDEZ, J; SILVANO, P. 2009. Protocolo de Investigación: Diseño y Construcción de un Sistema Nutrient Film Technique para la Producción de Lechugas (*Lactuca spp*). México. Universidad Politécnica de Chiapas. 39 p.

GUZMAN, G., 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar

HOYOS, V., 2009. Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Colombia. 175 – 186 pp.

HUTERWAL, G., 1991. Hidroponía, Cultivo de Plantas Sin Tierra. Buenos Aires, Argentina. pp. 234.

IZQUIERDO, J. 2003. Manual Técnico de Hidroponía Popular. Santiago, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

LEÑANO, F., 1973. Como se cultivan las hortalizas de hoja. Editorial De Vecchi, S.A. Barcelona. 139 – 155 pp.

LE STRANGE, M., KOIKE, S., VALENCIA, J., y CHANEY, W., 2001. Spinach production in California. (On Line). University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.<<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7212.pdf>> (20 de noviembre, 2003).

MALDONADO, R., 1994. Método universal para la preparación de soluciones nutritivas. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 36 p.

MARULANDA, C., 2003. Hidroponía Familiar. Editorial Optigraf. Armenia – Colombia. 156 p.

MOKATE, K.M. 1998. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Ediciones Uniandes. Santa Fe de Bogotá – Colombia pp.108.

NOGUERA, V. 1993. Sistemas de Solución perdida y recirculante: Descripción, análisis y valoración. Curso superior de especialización sobre cultivos sin suelo. Almeria, España. Instituto de Estudios Almerienses. p. 85 - 126.

PENNIGSFELD F. y KURZMANN P. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Editorial Mundi-Prensa. Madrid- España. pp. 15 - 57.

PÉREZ, C. G. 2005. Evaluación del almácigo y trasplante de espinaca japonesa en cepellón de tierra con distintas dosis de estiércol en invernadero. Tesis de Grado. UMSA Facultad de Agronomía. 11 – 17 pp.

PERRIN, R., WINKELMANN, D., MOSCARDI, E., ANDERSON, J. 1998. Manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México DF: pp.77.

QUELALI, M.A., 2000. Respuesta a 4 variedades de Gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* L.) a la fertilidad química en la provincia Camacho del Departamento de La Paz. Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. P. 41 – 43

QUISPE, L., 2015. Evaluación de seis variedades de lechuga, (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el centro Experimental de Cota Cota. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía

RESH, M., 1978. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food growing methods. Santa Bárbara, Estados Unidos. 287 p.

RIVERA, M., 2015. Evaluación de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrientes (NFT) en el centro experimental de Cota Cota. Bolivia Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía

ROCHA, J., 2014. Evaluación agronómica de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) con dos abonos orgánicos en carpa solar, en Chicani-La Paz. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.

RODRÍGUEZ, S. 1982. Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Editorial AGTSA México. D.F. México. 33 p.

RODRIGUEZ, M. 1991. Fisiología Vegetal. 2da ed. Cochabamba – La Paz. Ed. Los amigos del libro. P. 344 – 360.

RODRÍGUEZ A., HOYOS M., CHANG., 2002. Manual práctico de hidroponía. Tercera edición. Centro de Investigación de Hidroponía Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral - Universidad Nacional Agraria la Molina, 1996. Taller Internacional de Hidroponía. Hidroponía una Esperanza para Latinoamérica. Lima, Perú: Rodríguez. pp. 393.

RUBATZKY, V. Y YAMAGUCHI, M. 1997. World Vegetables. Principles, production and nutritive values. 2nd ed. New York. Chapman and Hall. 843 p.

SANCHEZ, R.C. 2004. Hortalizas. Ediciones RIPAME. Lima – Perú. 109 – 110 pp.

SERRANO, C. Z. 1976. Cultivo de la Espinaca Publicaciones de Extensión Agraria Bravo, Murillo Madrid. P. 1 – 19.

SERRANO, Z. 1977. Cultivo de la espinaca. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid. España. 65 p.

SERRANO, Z. 1980. Cultivo de hortalizas en invernadero, 1ra Edición. ED. Barcelona España. 360p.

SIRPA, E., 2008. Cultivo de espinaca *Espinacea oleracea* L. bajo hidroponía en condiciones de invernadero. Tesis. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía

SOTO, F. 2006. Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). San José, Costa Rica. INA. 38 p.

VASQUEZ, A.J., 2006. Evaluación agronómica de once cultivares de *Spinacea oleracea* L. para cultivo industrial en la zona de Valdivia. Tesis. Instituto de Sanidad y protección Vegetal. Agronomía

ULLOA, L. 1985. Evaluación de tres cultivares de espinaca sometida a diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 74 p.

UNTERLADSTATTER, R. 2000. La Horticultura en el Sub Trópico Húmedo y Sub Húmedo de Bolivia. Santa Cruz – Bolivia. Facultad de Ciencia Agrícolas U.A.G.R.M. 310 p.

VALADEZ, A. 1996. Producción de Hortalizas. Editorial Limosa. S. A. Venezuela, Pp.127

ZINK, F. 1965. Growth and nutrient absorption in spring spinach. Proceedings American Society For Horticultural Science 87: 381-386.

HIDROPONÍA. 2007. Nutrientes San José, Costa Rica. Corazón Verde. (Disponible en línea en: <http://www.corazonverdecr.com/nutrientes.htm>). (Consultado 5 de octubre, 2016)

7.2. SITOS WEB CONSULTADOS

AGROES, 2016. Orígenes y generalidades de las espinacas. (Disponible en línea en: <http://www.agroes.es/cultivos-huerta-horticultura/espinaca/396espinacasdescripcion-morfologia-y-ciclo>). (Consultado: 10 de octubre, 2016)

WIKIPEDIA, 2016. Spinacea oleracea. (Disponible en línea en: http://es.m.wikipedia.org/wiki/Spinacea_oleracea). (Consultado: 10 de septiembre del 2016)

ZARATE C. 2009. Manejo Pos cosecha de espinaca. (Disponible en línea en: <http://www.mag.gov.py/Comercializacion/Tripticos2009/Postcosecha%20de%espina.pdf>). (Consultado: 14 de septiembre del 2016).

ANEXOS

(Cultivo hidropónico de Espinaca)

Anexo 1. Reparación y instalación del sistema NFT



Cavado y instalación del tanque



Materiales que se usaron en la instalación, despache, retorno y instalación del sistema NFT





Instalación del sistema NFT

Anexo 2. Preparación del almacigo en bandejas flotantes

Corte de la esponja en cubitos de 3 cm x 3 cm y un espesor de 3 cm



Lavado y desinfectado de las esponjas



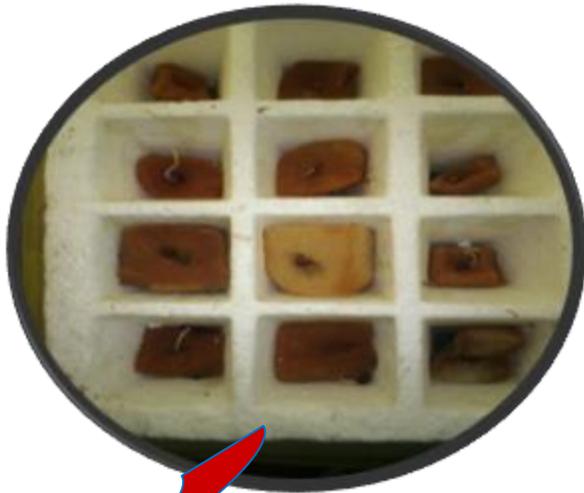
Anexo 3. Siembra en almácigos flotantes



Siembra en almacigo en bandejas flotantes



Riego, dos veces al día



Plástico negro, que retiene calor

Anexo 4. Preparación del sustrato inerte



Anexo 5. Siembra en sustrato inerte



**Siembra chorro
continuo con distancia
entre surcos de 5 cm**

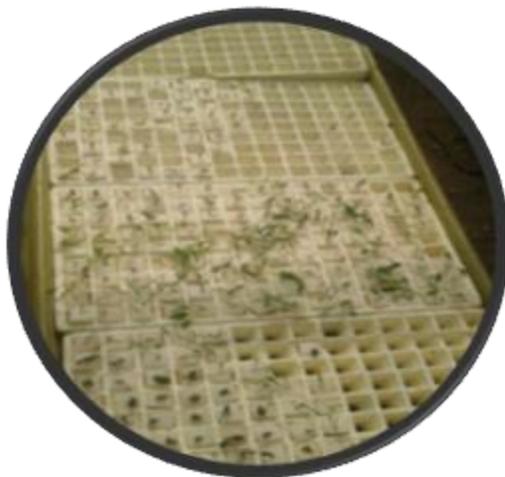


**Colocado de paja para
retención de la
humedad**

Anexo 6. Primer trasplante a piscinas de aclimatación



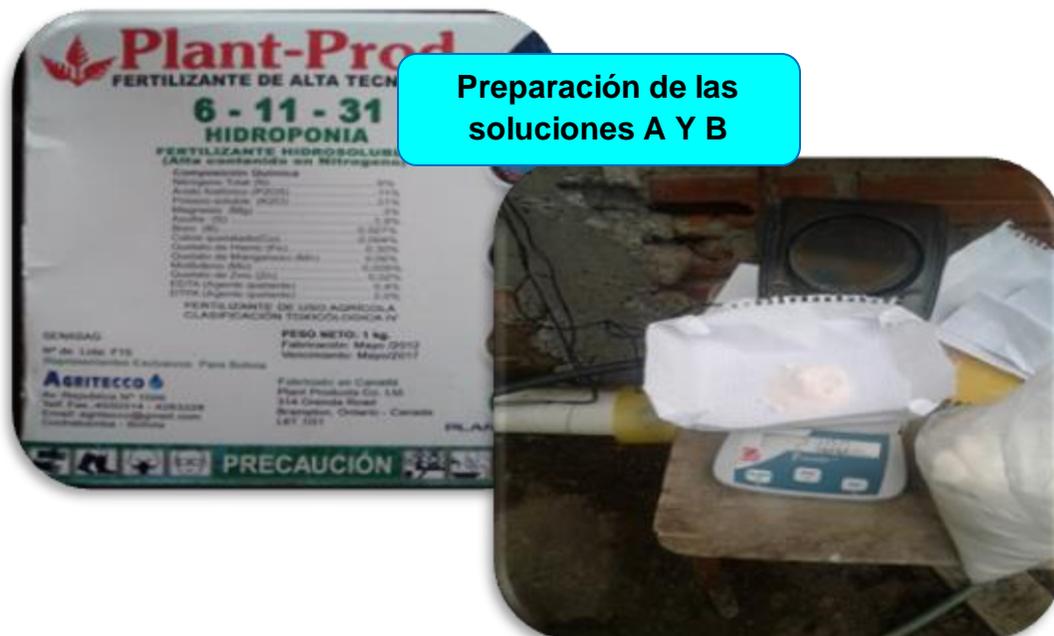
Lavado de las raíces, preparado de las esponjas



Anexo 7. Comportamiento de las plantas en almacigo



Anexo 8. Preparación de las soluciones nutritivas



Anexo 9. Verificación del correcto funcionamiento y limpieza del sistema NFT



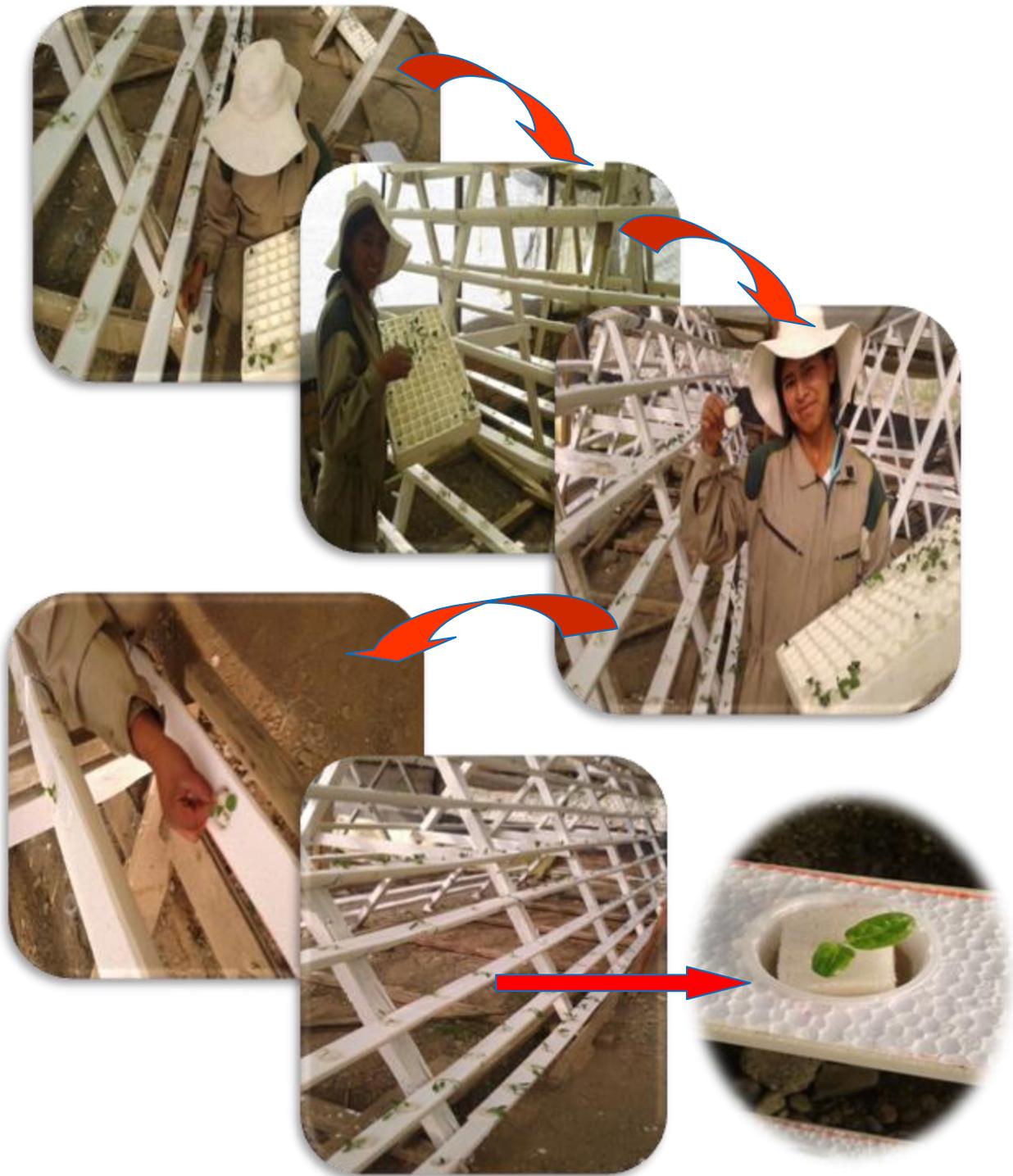
**Verificación del
correcto
funcionamiento**



**Ubicación de las
plataformas a
diferentes densidades**



Anexo 10. Trasplante definitivo al sistema NFT



Anexo 11. Monitoreo del crecimiento de las plantas



Anexo 12. Toma de datos según las variables de respuesta

Toma de datos a los 20 días
luego del trasplante



Toma de datos del
ancho, largo y
número de hojas



A los 35 días luego del
trasplante





Toma de datos del volumen de raíz



Toma de datos del pH y la conductividad eléctrica



**Toma de datos del
área foliar,
rendimiento y
volumen radicular**



Anexo 13. Análisis químico del agua potable de la estación experimental de cota cota

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 77/16

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A77/16

Cliente:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Solicitante:	Srta. Roxana Ticona Quispe
Dirección del cliente:	Calle Araona # 9055, Zona Villa Ingenio
Procedencia de la muestra:	Centro Experimental de Cota Cota
	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Grifo de Campa de Horticultura - Fac. Agronomía
Responsable del muestreo:	Srta. Roxana Ticona Quispe
Fecha de muestreo:	10 de mayo de 2016
Hora de muestreo:	10:55
Fecha de recepción de la muestra:	10 de mayo de 2016
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 10 al 26 de mayo 2016
Caracterización de la muestra:	agua de grifo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Btella Pett
Código LCA:	77 -1
Código original :	A -1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	A-1 77-1
pH	EPA 150.1		1 - 14	8,3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	88
Cloruros	SM-4500-Cl-B	mg Cl/l	0,020	1,1
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1,0	16
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	2,7
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	0,65
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	11
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	2,5
Dureza total	SM 2340 - B	mg CaCO ₃ /l	2,0	38
Fósforo total	EPA 365.2	P-PO ₄ mg/l	0,010	< 0,010
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	< 0,30

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, junio 12 de 2016


 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c. Arch.
 JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 14. Composición del fertilizante plant- prod 15-15-30

Componente	Porcentaje de pureza
Nitrógeno total (H)	15%
Ácido fosfórico asimilable (P2 O5)	15%
Potásico soluble (K2O).	30%
Boro (B)	0.02%
Cobre quelatado (CU)	0.05%
Hierro quelatado (FE)	0.10%
Manganeso quelatado (Mn)	0.05%
Molibdeno (Real) (Mn)	0.0005%
Zinc quelatado (Zn)	0.05%
EDTA (tetra acetato) de la dinamita del etileno Quelatante.	1% del agente

Anexo 15. Presupuesto para la piscina contenedora

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
Spiling (Bandejas de germinación)	Pieza	4	7
Tubos PVC corriente de 2"	Pieza	1	30
Clavos de 1/2"	kg	1	12
Madera tableada de 12x 0,15 m	m	4,5	4,5
Agrofilm de 250 micras	m	2	65
Manguera de goma	m	10	2
Polytubo flexible de 1/2"	m	4	1,1
Tapón hembra de 1/2" de Diámetro	Pieza	1	3
Trabajador	Jornal	1	70

Anexo 16. Presupuesto para la construcción de bandejas para germinación

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Clavos de 1/2 in	kg	1	12	12
Madera tableada de 12 x 0,15 m	m	4,5	4,5	20,25
Agrofilm de 250 micras	m	2	65	130
Atomizador	Pieza	1	8	8
Trabajador	Jornal	1	70	70

Anexo 17. Presupuesto del sistema hidropónico recirculante "NFT"

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Madera para los triángulos	Biga	15	7	105
Tubos PVC de 3" de diámetro	Pieza	4	60	240
Tubos PVC de 4" de diámetro	Pieza	6	65	390
Tapas de tubo de 3" de diámetro	Pieza	8	5	40
Polytubo flexible de 1/2" de diámetro	m	30	1,1	33
Codos de 4" de diámetro	Pieza	3	8	24
T de 4" de diámetro	Pieza	5	8	40
Reductor de 1" a 1/2 " de diámetro	Pieza	1	4,5	4,5
Codos de 1" de diámetro	Pieza	3	4,5	13,5
Cruz de 1" de diámetro	Pieza	1	9	9
Llaves de unión universal de 1" de diámetro	Pieza	4	50	200
Tapón hembra de 1/2"	Pieza	1	2	2
Tuvo pvc. Esquema de 1" de diámetro	Pieza	1	35	35
Tapón macho de 1" de diámetro	Pieza	1	4,5	4,5
Micro tubo de 6mm de diámetro	m	2	2,5	5
Cinta teflón de 3/4	Pieza	10	3,5	35
Emisores	Pieza	8	2,5	20
Pegamento PVC	Pieza	5	15	75
Tanque de agua de 1000 l	Pieza	1		0
Remaches de 4 mm	Pieza	72	0,25	18
Tubo de electricidad de 1" de diámetro	m	3	5	15
Bomba de agua de 0,5 HP de potencia	Pieza	1	380	380
Chupador de 1" de diámetro	Pieza	1	45	45
Clavos de 2"	Kilo	2	12	24
Tronillos de 1"	Kilo	0,5	20	10
Sujetadores de metal	Pieza	72	1,5	108
Pintura Látex	Balde	1	45	45
Trabajador	Jornal	5	70	350
Térmico	Pieza	1	60	60
Plasto formo	Pieza			
Cable N° 14	m	10	5	50
				2380,5

Anexo 18. Cálculo para la depreciación

Nombre de recurso fijo	Precio Adquirido (Bs)	Vida útil	Depreciación Anual (Bs)
CARPA SOLAR	1600	4	400
SISTEMA HIDROPONICO	2380,5	5	476
HERRAMIENTAS	400	3	133
OTROS	100	4	25
Depreciación total anual			1034
Depreciación mensual			86
Depreciación por ciclo			115
Depreciación en bs /m2			7

Anexo 19. Análisis económico para un año de producción (9 campañas)

BENEFICIO BRUTO ANUAL								
ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimiento promedio en kg/m ²	4,24	2,8	2,13	1,61	4,5	2,97	2,29	1,68
Rendimiento Ajustado (-10%)	3,81	2,52	1,92	1,45	4,05	2,67	2,06	1,52
Precio (Bs/kg)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Beneficio Bruto (Bs/m ²)	52,98	35	26,63	20,14	56,29	37,13	28,68	21,04
Numero de Campañas Año	9	9	9	9	9	9	9	9
Beneficio Bruto Año Bs/m ²	476,812	315,025	239,66	181,29	506,625	334,175	258,1	189,375
Beneficio Bruto Año Bs / 8m ²	3814,5	2520,2	1917,28	1450,32	4053	2673,4	2064,8	1515

INSUMO								
Semilla	1,95	1,95	1,95	1,95	1,80	1,80	1,80	1,80
Nitrato de Calcio	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Nitrato de Potasio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Nitrato de Amonio	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Plant Prod Canda	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Quelatos de Hierro	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Sulfato de Magnesio	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Energia Electrica	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Sub total Insumos (Bs/m2)	13,84	13,84	13,84	13,84	13,69	13,69	13,69	13,69

MANO DE OBRA								
Siembra	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Trasplante de Almacigo a esponjas	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Trasplante a Pirámide	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
Recolección	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Lavado de Raíces	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Embolsado	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Sub total Mano de Obra (Bs/m2)	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13

ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Insumo	13,84	13,84	13,84	13,84	13,69	13,69	13,69	13,69
Mano de Obra	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13
Total Costos Variables/ Campaña	26,97	26,97	26,97	26,97	26,82	26,82	26,82	26,82
Número de Campañas Año	9	9	9	9	9	9	9	9
Total Costos Variables/ 8 m ²	215,76	215,76	215,76	215,76	214,56	214,56	214,56	214,56
Total Costos Variables (Bs/Año)	1941,84	1941,84	1941,84	1941,84	1931,04	1931,04	1931,04	1931,04

COSTOS FIJOS POR VARIEDADES (Bs/Año)								
ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Costo Carpa Solar/Año	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Costo Sistema Hidroponico (Bs/Año)	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00	476,00
Herramientas (Bs/Año)	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00	133,00
Otros Gastos	100	100	100	100	100	100	100	100
Total Costos Fijos (Bs/Año)	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00

COSTOS TOTALES POR VARIEDADES (Bs/Año)								
ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Total Costos Variables (Bs/Año)	1941,84	1941,84	1941,84	1941,84	1931,04	1931,04	1931,04	1931,04
Total Costos Fijos Bs/Año	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00	1109,00
TOTAL COSTOS (Bs/Año)	3050,84	3050,84	3050,84	3050,84	3040,04	3040,04	3040,04	3040,04

BENEFICIOS NETOS ANUALES								
ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Beneficio Bruto (Bs/Año)	3814,5	2520,2	1917,28	1450,32	4053	2673,4	2064,8	1515
Total Costos (Bs/Año)	3050,84	3050,84	3050,84	3050,84	3040,04	3040,04	3040,04	3040,04
Beneficio Neto (Bs/Año)	763,66	-530,64	-1133,56	-1600,52	1012,96	-366,64	-975,2	-1525,04

BENEFICIO / COSTO								
ITEMS	VIROFLAY				QUINTO			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Beneficio Neto (Bs/Año)	3814,5	2520,2	1917,28	1450,32	4053	2673,4	2064,8	1515
Total Costos (Bs/Año)	3050,84	3050,84	3050,84	3050,84	3040,04	3040,04	3040	3040,04
Beneficio Costo (Bs/Año)	1,25	0,83	0,63	0,48	1,33	0,88	0,68	0,5