



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE POTASIO EN LA
PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. crispa BAJO
EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

JUAN CARLOS MANZANO OCAÑA

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Riobamba, 19 de enero del 2018

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

El suscrito TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN, Certifica: Que, el Sr. Juan Carlos Manzano Ocaña, en virtud que el estudiante ha concluido su trabajo de investigación denominado “EVALUACIÓN DE TRES DOSIS POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. crispa BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO”, y ha sido prolijamente revisado y aprobado, quedando autorizada su presentación y defensa.



.....
ING. VÍCTOR ALBERTO LINDAO CORDOVA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



.....
ING. AMALIA CABEZAS HUILCA
ASESORA DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **JUAN CARLOS MANZANO OCAÑA**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo, son auténticos y originales. Los textos constantes y los documentos que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 24 de enero del 2018



Juan Carlos Manzano Ocaña

060426430-9

DEDICATORIA

A Dios, por haberme concedido el maravilloso regalo de la vida, salud y amor fraternal.

A mi mamá Fanny por haberme dado la vida, a mi mamá Rosa y papá Abraham por haberme cuidado, amado, y aceptado como hijo propio de su amor.

A mi hermana Carmen, quien desde niño me dio un ejemplo de lucha constante para cumplir todo lo que uno se propone y que además me dio la dicha de ser tío.

A Melisa mi sobrina, te quiero flaca.

A David que aunque Dios te llevó pronto a su lado, tus enseñanzas, tu recuerdo y tu inmenso amor de hermano perdurarán en mí hasta el último día de mi vida. Negrito te hice una promesa y te la cumplí, y me queda acompañando a la nostalgia, una gran felicidad que sé que compartes conmigo.

A Aylín, esa chiquita que también me llama tío y que es el regalo más hermoso que nos dejaste a todos David.

A mi amiga de toda la vida, Liseth nuestra amistad ha perdurado muchos años.

A todos quienes me motivaron y creyeron en mí, con profunda gratitud a la Ing. Karla Gavilanez y a la Ing. Natalia Moreno, quienes me apoyaron en una de las etapas más duras que atravesé en mi corta vida y me brindaron su sincera amistad.

Juan Carlos Manzano Ocaña

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien hace posible todas las cosas, mi padre celestial que nunca me abandona.

A mis padres Fanny Manzano, Rosa Manzano y Abraham Manzano, a mis hermanos David y Carmen, a mis sobrinas: Melisa y Aylín, por ser el motor que impulsa cada día mis pasos y los grandes responsables de la persona que soy y coparticipes de mi éxito.

A todos mis demás familiares y amigos que de alguna manera me apoyaron tanto durante mi etapa estudiantil, como en la realización de este trabajo de titulación, agradezco de forma especial a Liseth, Steven, Caro, Myrian, María y Vinicio, gracias amigos por su apoyo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Facultad de Recursos Naturales y a la Escuela de Ingeniería Agronómica, que me acogió en sus aulas y contribuyó a mi formación para convertirme en un profesional competente.

A todos los docentes con quienes pude entablar una sincera amistad, en especial al Ing. Wilson Yáñez, Ing. Amalia Cabezas, Ing. Norma Erazo, Ing. Lucía Abarca. Ing. Karla Gavilanez, Ing. Natalia Moreno, Dra. Nanci Inca, Ing. Víctor Lindao, Ing. Fernando Romero, Ing. David Caballero, Ing. Roque García, Ing. Jorge Cevallos, Ing. Andrea Guapi, Ing. Marco Vivar, sus consejos y ayuda desinteresada han sido muy oportunos, sus enseñanzas muy útiles y su cariño hacía ha sido muy bien recibido y correspondido.

Al Ing. Víctor Lindao quien como Director supo guiarme en la consecución exitosa de este trabajo y que me motivó para llevarlo a cabo, y como amigo supo brindarme su mano y su ayuda desinteresada, también agradezco a la Ing. Amalia Cabezas, quien me apoyo incondicionalmente tanto como Asesora y amiga, gracias al valioso contingente de ambos fue posible la realización y culminación de este trabajo de titulación.

Juan Carlos Manzano Ocaña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	xi
LISTA DE ANEXOS	xiii
I. EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>crispa</i> BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO	1
II. INTRODUCCIÓN	1
A. PROBLEMA	2
B. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
A. GENERAL	4
B. ESPECÍFICOS	4
IV. HIPÓTESIS	5
A. HIPÓTESIS NULA	5
B. HIPÓTESIS ALTERNANTE	5
C. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	5
V. REVISIÓN DE LITERATURA	6
A. CULTIVO DE LECHUGA	6
B. HIDROPONÍA	10
C. EL POTASIO EN LAS PLANTAS	14
D. AGRONUTRI ENGROSE K PLUS	18
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	19
A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	19
B. MATERIALES Y EQUIPOS	19
C. MÉTODOS	21
D. MANEJO DEL ENSAYO	23
E. ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL	27

F. TIPO DE DISEÑO	28
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
A. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO	29
B. NÚMERO DE HOJAS.....	30
C. ALTURA DE PLANTA.....	34
D. LONGITUD DE RAÍZ	38
E. CONTENIDO DE POTASIO EN HOJAS Y RAÍZ	45
F. PESO FRESCO DE LA PARTE AÉREA.....	54
G. PESO FRESCO DE LA RAÍZ	61
H. PESO SECO DE LA PARTE AÉREA.....	67
I. PESO SECO DE LA RAÍZ	73
J. DÍAS A LA COSECHA.....	79
K. RENDIMIENTO POR PARCELA NETA Y POR HECTÁREA.....	79
L. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	82
VIII. CONCLUSIONES.....	83
IX. RECOMENDACIONES	84
X. RESUMEN.....	85
XI. SUMMARY.....	86
XII. BIBLIOGRAFÍA	87
XIII. ANEXOS	93

LISTA DE CUADROS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1.	Concentración de oxígeno en la solución nutritiva en el sistema NFT	13
2.	Rangos de concentración de K en ppm para el cultivo hidropónico de lechuga	17
3.	Cantidad de fertilizantes para la solución nutritiva estándar en cada tanque	25
4.	Cantidad de potasio para la dosis baja (DB), dosis media (DM) y dosis alta (DA)....	25
5.	Tratamientos en estudio	28
6.	Análisis de Varianza (ADEVA).....	28
7.	Análisis de varianza para el número de hojas a los 32 DDT	30
8.	Prueba de tukey al 5% para el número de hojas a los 32 DDT.....	31
9.	Análisis de varianza para el número de hojas a los 40 DDT	32
10.	Prueba de tukey al 5% para el número de hojas a los 40 DDT	32
11.	Análisis de varianza para la altura de planta a los 24 DDT	34
12.	Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 24 DDT.....	35
13.	Análisis de varianza para la altura de planta a los 32 DDT	36
14.	Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 32 DDT.....	36
15.	Análisis de varianza para la altura de planta a los 40 DDT	37
16.	Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 40 DDT.....	37
17.	Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 16 DDT.....	39
18.	Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 16 DDT	39
19.	Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 24 DDT.....	40
20.	Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 24 DDT	41
21.	Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 32 DDT.....	42
22.	Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 32 DDT	42
23.	Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 40 DDT.....	44
24.	Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 40 DDT	44
25.	Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT.....	45
26.	Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT ...	46
27.	Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT.....	47
28.	Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT ...	47
29.	Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT.....	49
30.	Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT ...	49

31. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT	51
32. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT	51
33. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT	52
34. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT	53
35. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT	54
36. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT	54
37. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT	56
38. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT	56
39. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT	57
40. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT	58
41. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT	59
42. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT	59
43. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 16 DDT	61
44. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 16 DDT	61
45. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 24 DDT	63
46. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 24 DDT	63
47. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 32 DDT	64
48. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 32 DDT	65
49. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 40 DDT	66
50. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 40 DDT	66
51. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 16 DDT	67
52. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 16 DDT	68
53. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 24 DDT	69
54. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 24 DDT	69
55. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 32 DDT	70
56. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 32 DDT	71
57. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 40 DDT	72
58. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 40 DDT	72
59. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 16 DDT	73
60. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 16 DDT	74
61. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 24 DDT	75
62. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 24 DDT	75
63. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 32 DDT	76
64. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 32 DDT	76

65. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 40 DDT	77
66. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 40 DDT	78
67. Análisis de varianza para el rendimiento por parcela neta en kilos a los 42 DDT....	79
68. Prueba de tukey al 5% para el rendimiento/parcela neta en kilos a los 42 DDT	79
69. Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT	80
70. Prueba de tukey al 5% para el rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT.....	81
71. Análisis económico según la relación beneficio costo	82

LISTA DE GRÁFICOS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1.	Color típico de la lechuga variedad crispa.....	9
2.	pH y CE promedio durante el período de prendimiento.....	29
3.	Número de hojas a los 32 DDT.....	31
4.	Número de hojas a los 40 DDT.....	33
5.	Altura de planta a los 24 DDT	35
6.	Altura de planta a los 32 DDT	36
7.	Altura de planta a los 40 DDT	38
8.	Longitud de raíz a los 16 DDT.....	39
9.	Longitud de raíz a los 24 DDT.....	41
10.	Longitud de raíz a los 32 DDT.....	43
11.	Longitud de raíz a los 40 DDT.....	44
12.	Porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT.....	46
13.	Porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT.....	48
14.	Porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT.....	49
15.	Porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT	51
16.	Porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT	53
17.	Peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT	55
18.	Peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT	56
19.	Peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT	58
20.	Peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT	60
21.	Peso fresco de la raíz a los 16 DDT	62
22.	Peso fresco de la raíz a los 24 DDT	63
23.	Peso fresco de la raíz a los 32 DDT	65
24.	Peso fresco de la raíz a los 40 DDT	66
25.	Peso seco de la parte aérea a los 16 DDT	68
26.	Peso seco de la parte aérea a los 24 DDT	69
27.	Peso seco de la parte aérea a los 32 DDT	71
28.	Peso seco de la parte aérea a los 40 DDT	72
29.	Peso seco de la raíz a los 16 DDT.....	74
30.	Peso seco de la raíz a los 24 DDT	75

31. Peso seco de la raíz a los 32 DDT	77
32. Peso seco de la raíz a los 40 DDT	78
33. Rendimiento por parcela neta en kilos a los 42 DDT	80
34. Rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT	81
35. Relación Beneficio/Costo	82

LISTA DE ANEXOS

N°	DESCRIPCIÓN	PÁG
1.	Esquema de distribución del ensayo.....	93
2.	Consumo de agua en cada tratamiento para cada fecha de evaluación	94
3.	Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento durante el período de prendimiento (0 a 8DDT)	94
4.	Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 8 a 16 DDT	94
5.	Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 16 a 24 DDT	94
6.	Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 24 a 32 DDT	95
7.	Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 32 a 40 DDT	95
8.	Análisis de varianza para el número de hojas a los 16 DDT	95
9.	Análisis de varianza para el número de hojas a los 24 DDT	95
10.	Análisis de varianza para la altura de planta a los 16 DDT	96
11.	Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 32 DDT	96
12.	Evaluación del prendimiento a los 8 DDT.....	96
13.	Formulación de la solución nutritiva y las dosis a evaluar	97
14.	Medición del pH y CE y registro de temperatura y humedad en el invernadero	97
15.	Registro de pesos frescos y secos de la parte aérea y raíz	98
16.	Comparación del desarrollo radicular entre plantas del T1, T2 y T3 a los 24 DDT	98
17.	Medición de la altura de planta y la longitud de raíz.....	99
18.	Ensayo a los 16 DDT	99
19.	Ensayo a los 24 DDT	100
20.	Ensayo a los 32 DDT	100
21.	Ensayo a los 40 DDT	101
22.	Cosecha a los 42 DDT	101
23.	Resultados de laboratorio sobre el contenido de potasio en hojas y raíz a los 24, 32 y 40 DDT	102
24.	Presupuesto general de la investigación.	103
25.	Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años - T1 (DB)..	105
26.	Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años - T2 (DM).	107
27.	Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años – T3 (DA).	109

I. EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. crispa BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO

II. INTRODUCCIÓN

La lechuga es la hortaliza más importante del grupo de los vegetales de hoja que se consumen sin cocinarlos, se puede cultivar durante todo el año, principalmente en lugares fríos, al aire libre o bajo invernadero. Este cultivo exige mucho cuidado, pues al crecer con tanta rapidez puede sufrir daños irreversibles en cortos intervalos de tiempo; los cuales podrán afectar tanto su calidad física, como sanitaria u organoléptica (Hydro Environment, 2017).

La lechuga depende del potasio para la salud general de la planta y la producción de calidad, por lo que la falta de potasio puede dar como resultado una mala calidad de la hoja, reduciendo significativamente su vida útil, además de propender una mayor susceptibilidad a enfermedades (Compass Mineral, 2017).

El contenido total de potasio en los suelos frecuentemente excede los 20000 ppm, pero casi todo se encuentra como componente estructural de los minerales del suelo; es decir, no está disponible para el crecimiento de la planta, no obstante se debe considerar que en los suelos el potasio está presente en tres formas: no disponible, lentamente disponible o fijo y fácilmente disponible o intercambiable (Kaiser, Rosen, & Lamb, 2016).

El potasio se asocia con el movimiento de agua, nutrientes y carbohidratos en el tejido vegetal, por lo que su deficiencia ralentiza el crecimiento y provoca una reducción en el rendimiento. Además la absorción de potasio por las plantas se ve afectada por factores como: aireación, humedad y temperatura del suelo, nivel de oxígeno e inclusive el sistema de labranza (Kaiser, Rosen, & Lamb, 2016).

Además el modelo actual de producción conlleva enmarcado una realidad alarmante en cuanto al uso indiscriminado de plaguicidas, fertilizantes inorgánicos que influyen directamente en la fertilidad del suelo; otras situaciones adversas son el desmedido uso

de aperos agrícolas y el despilfarro del recurso hídrico, lo que va limitando cada vez más las zonas productoras.

Una técnica para la producción de esta hortaliza es la hidroponía, que posibilita el cultivo sin suelo, el cual es reemplazado por agua que contiene los nutrientes minerales disueltos en ella, en forma de sales solubles, permitiendo la obtención de lechugas de excelente calidad, libre de enfermedades y contaminantes, muchos de ellos propios del suelo.

No obstante esta técnica revolucionaria no está exenta de sus limitaciones, sobre todo cuando se encuentra bajo invernadero, en cuyas condiciones el problema más importante es la pérdida de turgencia en las hojas de lechuga debido a las altas temperaturas, pero íntimamente ligado a la nutrición vegetal, específicamente a un elemento esencial como el potasio.

El potasio es un nutriente clave en la relación agua-planta, al ayudar a los vegetales a mantener altos niveles de turgencia, traducidos en cantidades adecuadas de agua en las plantas, mediante la regulación de la apertura y cierre estomático (Intagri, 2017).

A. PROBLEMA

La pérdida de turgencia observada en la lechuga producida bajo el sistema hidropónico, especialmente en horas de mayor temperatura en el interior del invernadero, probablemente asociada al potencial osmótico de las células como lo señala Moreno (2007), precisa buscar una dosis de potasio para mejorar el mantenimiento del balance iónico y consecuentemente la turgencia celular.

Considerando las atenuantes expuestas surge la siguiente interrogante: ¿Cómo mejorar la turgencia en las plantas de lechuga producidas bajo el sistema hidropónico en invernadero con la aplicación de potasio?

B. JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran importancia de la hidroponía, que como lo señala Silva (2016) “los cultivos hidropónicos permiten triplicar la producción convencional, no hay factores contaminantes y no se desperdicia el agua”, esta técnica novedosa cobra gran relevancia, pero es necesario considerar algunos problemas que se pueden presentar bajo este sistema.

Si bien dentro de este sistema alternativo, el objetivo es oxigenar el fluido y hacer que todos los macro y micronutrientes disueltos en la solución nutritiva sean absorbidos por las raíces, no obstante, en algunas ocasiones no es posible lograrlo y además las condiciones de cultivo bajo invernadero ocasiona problemas para mantener la turgencia celular.

Es aquí donde se resalta la importancia del potasio, y por lo tanto la necesidad de determinar la mejor dosis de este elemento que contribuya al mantenimiento de la turgencia celular y por ende al control del estado hídrico de las lechugas dentro del invernadero, en el sistema de producción NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de Película de Nutriente), lo que además contribuirá en el crecimiento y desarrollo de las lechugas, con una mejor calidad del producto.

III. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar tres dosis de potasio en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, bajo el sistema hidropónico.

B. ESPECÍFICOS

1. Determinar la mejor dosis de potasio en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, bajo condiciones hidropónicas.
2. Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

IV. HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS NULA

Ninguno de los incrementos en las dosis de potasio influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, bajo el sistema de producción hidropónico.

B. HIPÓTESIS ALTERNANTE

Al menos una de las dosis de potasio influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, bajo el sistema de producción hidropónico.

C. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1. Variable dependiente

Rendimiento

2. Variable independiente

Dosis de Potasio

V. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CULTIVO DE LECHUGA

1. Importancia económica del cultivo

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) constituye una de las hortalizas más antiguas, tiene su centro de origen en la cuenca del Mediterráneo, hace aproximadamente 4500 años A.C, también cultivada por los antiguos persas, griegos y romanos. Desde el mediterráneo se expandió rápidamente por Europa y fue introducida en América por los colonizadores (Casaca, 2005).

Esta hortaliza se consume en fresco, ya sea para la preparación de ensaladas o como ingrediente en las hamburguesas o emparedados, por lo que su importancia ha ido incrementándose en los últimos años, debido a la diversificación de tipos varietales, entre las que González (2014) menciona a cos o romana, de hoja y arpeollada o escarola.

“La producción mundial según la FAO en los años 2006, 2007 y 2008, osciló entre 15 y 17,5 millones de toneladas al año”. China es el país con cerca de la mitad de la producción, seguida de Estados Unidos y en tercer lugar se encuentra España que conjuntamente con Italia son los máximos productores de la Unión Europea (Gutiérrez, 2010).

En Ecuador existen 1145 hectáreas de lechuga con un rendimiento promedio de 7928 kg/ha, el 70% es de lechuga criolla o de repollo, mientras que el 30% restante corresponde a distintas variedades como la roja, roma o salad (Solagro, 2014).

2. Descripción morfológica y taxonómica

a. Morfología

La lechuga es una planta de ciclo corto, posee una raíz pivotante muy ramificada que no llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad. El tallo es cilíndrico y ramificado, en la etapa vegetativa es corto de 1 a 3 cm; en tanto que en floración se alarga pudiendo

alcanzar hasta 1,5 m. Las hojas desplegadas al principio están colocadas en roseta, que en algunas variedades siguen así durante todo su desarrollo y en otras se acogollan más tarde. Las inflorescencias son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos. Los frutos son aquenios, de colores variables del blanco al marrón oscuro. Las semillas están provistas de un vilano plumoso (Gutiérrez, 2010).

b. Taxonomía

De acuerdo con Conabio (2002) la clasificación taxonómica de la lechuga es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Lactuca*

Especie: *sativa*

Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

3. Requerimientos edafoclimáticos

a. Temperatura

Este cultivo soporta mejor las temperaturas bajas con un límite de hasta -6 °C y con una máxima de 30 °C. La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20 °C, para la fase de crecimiento se requieren entre 14-18 °C por el día y 5-8 °C por la noche, mientras que durante la formación del cogollo se necesitan 12 °C por el día y 3-5 °C por la noche (Casaca, 2005).

Cuando el calor es excesivo las plantas adquieren una textura suelta, se queman los bordes de las hojas y si prevalecen temperaturas mayores a 30°C la lechuga florece tempranamente (Giacconi & Escaff, 2004).

b. Humedad Relativa

Un rango aceptable se encuentra ente el 60 al 80%, pues la lechuga es muy sensible a la falta de humedad y no tolera sequías por más cortas que están sean (Casaca, 2005).

c. Suelos

La lechuga prefiere suelos ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, en suelos húmiferos excesivamente ácidos es necesario encalar. En cultivos en suelo el pH óptimo para la lechuga varía entre 6,7 y 7,4 mientras que en cultivo hidropónico el rango va de 5,5 a 6 (Casaca, 2005; Gutiérrez, 2010).

4. Valor nutricional

La lechuga es rica en betacaroteno, pectina, fibra, lactucina, vitaminas: A, B1, B2, B3, C y E, contiene calcio, magnesio, potasio y sodio. Además, disminuye el envejecimiento celular, los niveles de colesterol y mejora la circulación por su contenido de antioxidantes, también es recomendada para personas diabéticas debido a que regula los niveles de azúcar en la sangre (Hydro Environment, 2017).

5. Clasificación

La lechuga presenta diferentes tipos de especies caracterizados por sus hojas y hábitos de crecimiento, así se puede encontrar la de hoja suelta (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, con hojas numerosas y de borde irregularmente recortado o crespo; y las lechugas de cabeza (*Lactuca sativa* L.) var. capitata, cuyas hojas son lisas, orbiculares, de textura suave o mantecosa con hojas internas que forman un cogollo amarillento o cabeza (Casaca, 2005).

a. Lechuga de hoja variedad crispa

Corresponde al tipo Lollo bionda, también es llamada lechuga de hoja, de hoja crespa, de corte, de mata o francesa, presenta cogollos firmes de hojas resistentes al daño mecánico y tolerante al transporte a largas distancias, no forman cabezas, tienen hojas

anchas, sueltas y dispersas, con margen muy recortado, rizado y lámina ondulada. Es la más empleada en técnicas de cultivo sin suelo o hidropónico, además tiene un período de crecimiento corto de alrededor de 45 días (Hydro Environment, 2017).

b. Características físicas de la lechuga crispera

La lechuga crispera posee hojas sésiles, con láminas onduladas y bordes rizados, su tamaño con relación a variedades como la capitata es menor, teniendo un peso como unidad entre los 300 a 400 gramos, aunque comúnmente se comercializan con un peso promedio inferior a los 200 gramos (Carrasco & Sandoval, 2016).

En cuanto a la coloración normalmente sus hojas pueden presentar un color verde amarillento típico de la variedad, como se muestra en el Gráfico 1.



Gráfico 1. Color típico de la lechuga variedad crispera

Fuente: (Agro Global, 2007)

B. HIDROPONÍA

1. Definición

La hidroponía es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo, ya sea en estructuras simples o complejas aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, constituyéndose en un sistema aislado del suelo, haciendo posible el crecimiento gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva (Beltrano & Gimenez, 2015).

En los sistemas de cultivo hidropónico, lo más importante es que la solución nutritiva contenga todos los elementos necesarios y en la composición correcta, esta última a su vez depende del cultivo y de su fenología (Beltrano & Gimenez, 2015).

La hidroponía por ende permite obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, a más de un uso más eficiente del agua y los nutrientes, pues “cuando se habla de hidroponía se suele referir a los tratamientos y consideraciones que se dan a la raíz de las plantas, ya que en general la parte aérea se maneja igual a los sistemas de suelo convencional”, pero garantizando la inocuidad de los productos (Urrestarazu, 2015).

2. Tipos de sistemas hidropónicos

Beltrano & Gimenez (2015) hacen la siguiente distinción entre los sistemas hidropónicos:

a. Cultivos sin sustrato

Aquí se incluye la técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT) y la aeroponía, donde los nutrientes disueltos en agua se mantienen directamente en contacto con las raíces; es decir, el agua es aireada o se permite que las raíces y la solución estén en contacto con el aire, no obstante se debe proveer de soporte a la planta mediante enganches o cables metálicos.

b. Cultivo en agregado

En este caso los nutrientes están disueltos en agua y son transportados hasta las raíces, pero con la diferencia que están creciendo en un medio sólido, inerte, capaz de retener suficiente humedad, pero que drene el exceso y permita una aireación adecuada. Entre los sustratos más empleados se encuentran la perlita, vermiculita, arena, arcilla expandida, gravilla, musgo, cascarilla de arroz, turba, entre otros.

3. Sistema de producción NFT

La técnica de película de nutriente es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo, se desarrolló en Inglaterra, durante la década de los 60 por el Dr. Allan Cooper, y está destinado principalmente a la producción de hortalizas a gran y mediana escala, especialmente especies de hoja como lechuga, acelga, entre otras, que cuentan con alta calidad de producción en invernaderos (Hydro Environment, 2017).

a. Ventajas

Entre las ventajas de este sistema Hydro Environment (2017) menciona las siguientes:

- 1) Ahorro significativo en solución nutritiva y agua.
- 2) Acelera y facilita el tiempo de cosecha.
- 3) Aprovechamiento de espacio, ya que se puede cultivar en niveles.
- 4) La instalación de un sistema NFT resulta más sencilla, pues requiere menos bombas para el riego de la solución nutritiva.
- 5) Es una alternativa para la producción de hortalizas frescas para las áreas urbanas, pudiendo ocupar un solar, la azotea de una casa o edificio, balcones o terrazas.
- 6) Es de fácil manejo y monitoreo
- 7) Su consumo de energía eléctrica es bajo.

b. Desventajas

Hydro Environment (2017) pone de manifiesto que entre las desventajas más notorias del sistema sobresalen las mencionadas a continuación:

- 1) Requiere de un cuidado adecuado en el estado de la solución nutritiva
- 2) Monitoreo constante de pH y Conductividad Eléctrica (CE).
- 3) Los costos iniciales son mayores que con otros sistemas.
- 4) La humedad relativa del ambiente en los cultivos hidropónicos suele ser alta y puede favorecer el desarrollo de determinados hongos.

4. Principios y requerimientos del sistema NFT

a. Altura de lámina de la solución nutritiva

La lámina no debería tener una altura mayor a 0,5 cm para favorecer la aireación de la solución y de las raíces, sin embargo en algunas ocasiones dependiendo de las condiciones de instalación del sistema NFT, la altura de la solución puede ser hasta de 2 cm (Intagri, 2015).

b. Flujo de la solución nutritiva

El flujo recomendado para esta técnica hidropónica es de aproximadamente 2 L/min, aunque el rango reportado por productores varía de 1 a 4 L/min, dicho caudal permite que las raíces posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. En hortalizas de fruto la proliferación de las raíces dificulta el flujo de la solución nutritiva, pero no se presenta ese inconveniente en lechuga y otras hortalizas de hoja (Intagri, 2015).

c. Oxigenación de la solución nutritiva

Las especies hortícolas demandan de forma diferenciada mayor o menor concentración de oxígeno disuelto en la solución nutritiva, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Concentración de oxígeno en la solución nutritiva en el sistema NFT

Concentración de oxígeno en las diferentes partes del sistema NFT	Lechuga	Tomate	Pimiento
	Concentración de oxígeno (ppm)		
Concentración de oxígeno en el tanque de almacén	7,9	7,9	7,9
Concentración de oxígeno en la parte inicial de los canales de cultivo	6,7	4,5	5,4
Concentración de oxígeno en la parte media de los canales de cultivo	6,4	3,1	1,8
Concentración de oxígeno en la parte final de los canales de cultivo	5,8	2,2	0,8
Consumo de oxígeno en el canal de cultivo	2,1	5,7	7,1

Fuente: Morgan (2000) citado por (Intagri, 2015)

La solución nutritiva se oxigena al caer abruptamente sobre el remanente de solución en el tanque colector produciendo turbulencia, por lo se recomienda que exista la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de la solución en el tanque (Intagri, 2015).

d. Temperatura de la solución nutritiva

La temperatura de la solución nutritiva tiene relación directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta, es así que a menos de 22 °C el oxígeno disuelto es suficiente para abastecer la demanda y sobre los 22 °C, el oxígeno disminuye haciendo necesaria la incorporación de bombas de aire para compensar esta pérdida, además se puede considerar un rango general a nivel radicular entre 13 a 30 °C (Hydro Environment, 2017).

5. Producción hidropónica de lechuga de hoja en el sistema NFT

Las lechugas de hojas crespas o rizadas son las que más se adaptan a la técnica hidropónica en NFT, debiendo monitorearse el pH y CE sin que le falte oxígeno, sobre todo en las horas del día donde la temperatura aumenta a más de 25 °C, siendo los

sistemas por lo general recirculantes, la solución nutritiva debe manejar rangos de pH entre 5.5 a 6.5 y la CE entre 0,7 a 1,5 dS/m (Hydro Environment, 2017).

La lechuga ocupa el cuarto lugar en importancia de los vegetales cultivados bajo el sistema hidropónico, al comparar con la cultivada a campo abierto su producción aún es mínima. La lechuga hidropónica es preferida por los consumidores, antes que la cultivada en suelo, sobre todo debido a su inocuidad alimentaria (Briones, De la A & Mejía, 2005; Carrasco & Sandoval, 2016).

Si bien es cierto que la producción de la lechuga hidropónica es variada con una tendencia mayoritaria para autoconsumo, al implementar estos sistemas se incrementa sustancialmente el rendimiento por unidad de superficie y tiempo, pues se puede obtener 24 plantas/m²; es decir tres veces más de lo establecido en 1 m² de suelo, y al acortarse el ciclo de cultivo, siendo este de 4 a 5 semanas en verano y de 6 a 7 en pleno invierno, hace posible hasta 8 cosechas al año frente a 2 o 3 cosechas en el sistema convencional (Carrasco & Sandoval, 2016).

C. EL POTASIO EN LAS PLANTAS

1. Funciones generales del potasio

El potasio es el catión celular más abundante en el citoplasma y es absorbido por las plantas en forma iónica como K⁺ desde la solución del suelo (Hopkins & Hüner, 2009).

A pesar de que el potasio no forma complejos orgánicos, es el mayor responsable de la dinámica inorgánica, debido a que activa más de sesenta enzimas involucradas principalmente en los procesos de fotosíntesis y respiración, siendo de vital importancia para el desarrollo vegetal (Hernández, Barbazán, & Perdomo, 2010).

Otras de las funciones importantes de este elemento es la participación en la síntesis de carbohidratos y proteínas, en este último caso mediante el aumento de la conversión del nitrato absorbido, mejorando la eficiencia de fertilizantes nitrogenados aplicados, además de mantener el régimen hídrico de la planta, regular el cierre y apertura de los estomas y el aumento de la tolerancia a sequías, heladas, salinidad y enfermedades,

valores típicos de potasio en las plantas son del 3 al 4% de materia seca (Moreno, 2007).

a. El potasio como regulador osmótico y responsable de la turgencia celular

“El potasio tiene un papel importante en la regulación del potencial osmótico de las células vegetales”, indicando lo fundamental que es la función del este elemento en las relaciones hídricas de la planta y el ambiente, debiendo considerar que, las plantas con un suministro insuficiente de potasio son más susceptibles al estrés hídrico (Taiz & Zeiger, 2006).

La apertura y cierre de los estomas se da gracias a que el potasio se acumula en las células que rodean a los estomas o células guarda, y mediante osmosis las células van acumulando agua hasta que se hinchan y aplican presión a los poros estomáticos provocando que se abran, entonces se produce el intercambio de CO₂ y otros gases entre la planta y la atmósfera (Intagri, 2017).

Debido a que las plantas liberan oxígeno y agua, si el suministro de potasio es inadecuado, la velocidad de apertura y cierre estomático disminuirá, pudiendo resultar en una notable pérdida de agua (Intagri, 2017).

Este elemento esencial por ende hace una contribución principal al potencial osmótico de las células y tejidos de las especies vegetales glicofíticas (Martínez & Garcés, 2010).

El potasio participa directamente en la turgencia celular pues está estrechamente relacionado con el ahorro de agua, además como un osmorregulador es un factor principal en los movimientos intrínsecos de las plantas, encargándose del control de la apertura y cierre de las celdas protectoras estomáticas y también de los movimientos o cambios diarios en la orientación de hojas, esto debido a su alta movilidad que le permite además equilibrar la carga de aniones tanto difusibles como no difusibles (Hopkins & Hüner, 2009).

El potasio tiene influencia en la presión de ósmosis, turgencia y en la construcción de la pared celular. El proceso de ósmosis se produce como resultado de las diferencias en la

concentración de sales dentro de las células vegetales, que es en gran parte una función del potasio como catión (K^+) (Matts, 2015).

La presión de turgor es causada por el flujo osmótico de agua hacia las células, lo que provoca que se hinchen, ejerciendo presión sobre las paredes de las células para ayudar a mantener una estructura rígida y vertical para las plantas, a esto se suma que el potasio también está involucrado en la síntesis de celulosa, por lo que se requiere un suministro adecuado para aumentar el grosor y la resistencia de las paredes celulares (Matts, 2015).

2. Síntomas de deficiencia del potasio en las plantas

La deficiencia de potasio retarda el crecimiento vegetal, provocando la retranslocación neta del K desde las hojas y tallos maduros, tornando a estos órganos cloróticos y necróticos bajo una condición de deficiencia severa, dependiendo además de la intensidad lumínica a la que son expuestas las hojas (Martínez & Garcés, 2010).

Por otra parte, con la deficiencia de este elemento se genera la descomposición del tejido parenquimatoso por el incremento en la actividad de ciertas hidrolasas o de oxidasas, como la polifenoloxidasas; además se producen cambios químicos importantes que incluyen la acumulación de carbohidratos solubles y compuestos solubles de nitrógeno, así como la disminución en el contenido de almidón (Martínez & Garcés, 2010).

Además la deficiencia de este elemento produce la pérdida de turgencia y marchitamiento, que se ve más acentuada al existir déficit hídrico (Martínez & Garcés, 2010).

3. Requerimiento de potasio en la producción de lechuga

En un estudio realizado por Martínez & Garcés (2010) se demostró que al emplear dosis bajas de potasio con 59 ppm se presentó un bajo número de hojas, pero no es estadísticamente diferente a una dosis mayor de 117, 180 o 360 ppm a pesar de que está última presentó siempre los valores más altos para el parámetro evaluado.

En un ensayo, en el que se evaluó cinco niveles de potasio en la producción de lechuga concluyeron que los valores más bajos de número de hojas, área foliar, peso seco de raíz, hojas y total, y de índices de crecimiento se obtuvieron con 0 ppm de K, mientras que la respuesta más favorable, incluyendo producción, se logró con 360 ppm de K, convirtiéndose esta dosis en la más recomendable para el cultivo de lechuga var. romana bajo condiciones de invernadero de cubierta plástica (Martínez & Garcés, 2010).

Koetz, Coelho, Da Costa, Lima & De Souza (2006) obtuvieron resultados similares al evaluar cuatro dosis de cloruro de potasio (KCl) (100, 150, 200 o 250 kg/ha) sobre la productividad de lechuga tipo americana cv. raider en suelo, llegando a determinar que la productividad en función de la dosis de K presentó un modelo de regresión cuadrática, siendo la dosis óptima 198,93 kg/ha de KCl.

Los autores de ambos ensayos coinciden en que el K es indispensable para garantizar una buena producción de lechuga, debido a que este nutriente garantiza mayor eficiencia en el uso del agua como consecuencia de la regulación estomática, favoreciendo la translocación de carbohidratos, mejorando la eficiencia enzimática que se refleja en una mejor calidad comercial de la planta (Koetz, Coelho, Da Costa, Lima & De Souza, 2006; Martínez & Garcés, 2010)

4. Rangos de potasio en las soluciones nutritivas para lechuga

Entre los valores de potasio expresados en ppm o mg/L indicados por algunos autores, en las soluciones nutritivas conviene destacar lo indicado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de concentración de K en ppm para el cultivo hidropónico de lechuga

Elemento	Johnson	Jensen	Larsen	Cooper
Potasio	138	156	300	300

Fuente: Valverde, 2013

5. Niveles críticos de potasio para las plantas

Los niveles críticos de potasio para los cultivos en general varían en un rango que va desde 250 a 350 ppm (Castellanos, 1999).

D. AGRONUTRI ENGROSE K PLUS

1. Características

Es un fertilizante potásico quelatado de alta asimilación tanto radicular como foliar debido a los componentes de su formulación, contiene una alta concentración de potasio que interviene en la formación de carbohidratos, activación enzimática, síntesis de proteínas, regulación de la transpiración e incremento de la resistencia a plagas y enfermedades (AMC Chemical, 2017).

2. Dosis y modo de empleo

Comúnmente se puede utilizar en aplicaciones foliares de 2 a 4 L/ha o su equivalencia de 500 a 1000 cc/200L de agua; mientras que, para aplicaciones radiculares en cultivos hortícolas como tomate, melón y fresa la dosis es 20 a 25 L/ha, desde el cuajado del fruto hasta la maduración (AMC Chemical, 2017).

3. Compatibilidad

Se trata de un fertilizante compatible con la mayoría de productos agrícolas empleados para aplicaciones foliares, no obstante se recomienda llevar a cabo una prueba física previa a la realización de la mezcla (AMC Chemical, 2017).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero del área experimental del departamento de Horticultura, de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, ubicado en la parroquia Lizarzaburu, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica¹

- a. Latitud: 1°38'51''S
- b. Longitud: 78°40'58''O
- c. Altitud: 2838 msnm

3. Condiciones climáticas dentro del invernadero

- a. Temperatura: 11 - 37 °C
- b. Humedad relativa: 21 – 81 %

4. Clasificación ecológica

Según Holdridge (1992), el área experimental corresponde a la zona de vida estepa espinosa Montano Bajo (eMB).

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Material biológico

- a. Semilla de lechuga variedad crispera
- b. 300 Plántulas de lechuga variedad crispera

¹ Estación Meteorológica ESPOCH, 2017

2. Materiales de campo

- a. Turba BM2
- b. Bandejas de espuma flex para almácigo
- c. 3 Módulos de producción hidropónica para el sistema NFT
- d. Potenciómetro
- e. Termohigrómetro digital
- f. Cámara fotográfica
- g. Regleta graduada para medir volumen de agua
- h. 300 vasos térmicos de 2,5 oz
- i. Esponja
- j. Flexómetro
- k. Vasos de precipitación de 100 y 1000 ml
- l. Varilla de Agitación
- m. Baldes plásticos
- n. Balanza digital de precisión
- o. Letreros de identificación
- p. Estilete
- q. Bolsas de papel
- r. Marcador permanente punta fina
- s. Fundas plásticas

3. Materiales y equipos de oficina

- a. Libreta de apuntes
- b. Esferográficos
- c. Computador
- d. Memoria USB
- e. Calculadora
- f. Impresiones

C. MÉTODOS

1. Metodología

Se evaluaron los siguientes parámetros:

a. Porcentaje de prendimiento

Se contabilizó el número de plántulas prendidas a los 8 días después del trasplante y se expresó en porcentaje.

b. Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas de las plantas a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante en cada uno de los tratamientos.

c. Altura de planta

Se midió en cm la altura de planta desde la base del tallo hasta la parte más alta de la misma a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante.

d. Longitud de raíz

Se midió la longitud de raíz desde la base del tallo hasta el ápice radicular a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante.

e. Contenido de potasio en hojas y raíz

Se determinó el contenido de potasio en hojas y raíz a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante, tomando una muestra de cada tratamiento y repetición, la cual se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales.

f. Peso fresco de la parte aérea

Se cosecharon plantas de cada tratamiento y repetición a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante, se separó la parte aérea e inmediatamente se pesó.

g. Peso fresco de la raíz

Se cosecharon plantas de cada tratamiento y repetición a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante, se separó la raíz e inmediatamente se pesó.

h. Peso seco de la parte aérea

La muestra fresca pesada a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante, se colocó en una bolsa de papel etiquetada con el tratamiento y repetición correspondiente y se llevó a la estufa por 2 días a 50 °C, se retiró de la estufa y del sobre de papel y se procedió a pesar.

i. Peso seco de la raíz

La muestra fresca pesada a los 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante, se colocó en una bolsa de papel etiquetada con el tratamiento y repetición correspondiente y se llevó a la estufa por 2 días a 50 °C, se retiró de la estufa y del sobre de papel y se procedió a pesar.

j. Días a la cosecha

Se contabilizó el número de días transcurridos entre el trasplante y la cosecha.

k. Rendimiento por parcela neta y por hectárea

Se pesó el número total de lechugas/parcela neta y se expresó en kilos, para luego proyectarlo a kg/ha.

1. Análisis económico

Para realizar el análisis económico de los tratamientos se utilizó la relación beneficio costo, para lo cual se determinó los costos de producción del cultivo y del sistema NFT.

D. MANEJO DEL ENSAYO

1. Construcción de los módulos para el sistema NFT

a. Se procedió a la construcción de los módulos para el sistema de producción hidropónica NFT, cada uno de los cuales constó de diez tubos de presión de 3" de 3 m de longitud, tres caballetes de tipo triangular de varilla de acero de 14 mm, un tanque de PVC de 220L para cada solución nutritiva, tuberías de conexión para la recirculación de la solución hacia el tanque colector y una bomba eléctrica de motor de ½ HP.

b. Se procedió a realizar orificios en uno de los lados de los tubos, cada 30 cm donde se colocaron posteriormente las plántulas.

2. Instalación del Temporizador electrónico digital

Se instaló un temporizador electrónico digital para controlar el encendido de las bombas de cada módulo, el mismo que fue programado para que se prenda durante 1 minuto cada hora del día, considerando únicamente 12 ciclos desde las 07H00 a 18H00, que comenzó a operar a partir del día del trasplante.

3. Adecuación del módulo

Previo al establecimiento del ensayo, se procedió a la limpieza y desinfección de los tubos y tanque colector de cada módulo.

4. Producción de plántulas de lechuga

a. Se procedió al llenado de 2 bandejas de espuma flex con la turba BM2.

b. Se realizó orificios superficiales en la turba para proceder a la siembra de la semilla.

c. Se humedeció el sustrato hasta lograr la capacidad de campo.

- d. Se tapó durante 3 días, hasta que germine y luego se mantuvieron destapadas las plántulas.
- e. Se regó y monitoreó cada día hasta que las plántulas estén listas para el trasplante, aproximadamente a los 30 días después de la siembra.

5. Preparación de las plántulas previo al trasplante

- a. Se procedió a lavar cuidadosamente las raíces de cada planta, retirando todo el sustrato que conforma el pilón.
- b. Se llenaron los tanques de cada módulo hasta su máxima capacidad y se dieron ciclos manuales hasta que el agua formó una película constante en los tubos, lo que se consiguió con 10 L/tubo, luego de lo cual se aforó el tanque hasta 200L.

6. Trasplante

- a. Para el trasplante se necesitó una esponja de forma trapezoidal considerando el tamaño del vaso de 2,5 onzas, misma que sirvió de soporte para cada plántula que posteriormente se introdujo en el vaso térmico que tiene un orificio en la base por donde sale la raíz y finalmente se colocaron las plántulas en los orificios realizados en los tubos de cada módulo, para su crecimiento y desarrollo.
- b. Para estimular el desarrollo radicular se disolvió 15,5 cc de ácido nítrico en el tanque de cada módulo y se procedió a dar ciclos manuales de recirculación, para finalmente medir el pH y CE, las plántulas permanecieron en esta solución durante la primera semana para garantizar el prendimiento de las mismas.

7. Preparación de las soluciones nutritivas

- a. Se preparó la solución nutritiva en base a la recomendación sugerida por Lema (2017) en su trabajo de titulación sobre evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, en invernadero, la misma que se fraccionó en cuatro épocas de aplicación.
- b. Las fuentes y cantidades de los fertilizantes se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes para la solución nutritiva estándar en cada tanque

Fuente	Épocas de aplicación				Cantidad total (g)
	1ra (g)	2da (g)	3ra (g)	4ta (g)	
10-52-00	7,89	7,89	5,26	5,26	26,30
Sulfato de Mg	40,50	54,00	20,25	20,25	135,00
Nitroplus		5,20	5,20	2,60	13,00
Total (g)					174,30

Fuente: Lema, 2017

La cantidad de fertilizantes empleada para formular la solución nutritiva de cada módulo fue de 174,30 g dando un total de 522,90 g para los tres módulos.

c. Para el cumplimiento del primer objetivo específico (Dosis de potasio) el potasio fue aplicado conjuntamente con los demás fertilizantes, siendo variable la cantidad a utilizarse en función de las dosis que se evaluaron como se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cantidad de potasio para la dosis baja (DB), dosis media (DM) y dosis alta (DA)

Tratamiento	Épocas de aplicación				Cantidad total (ppm)
	1ra (ppm)	2da (ppm)	3ra (ppm)	4ta (ppm)	
DB	67,30	67,30	44,87	44,87	224,33
DM	141,00	141,00	94,00	94,00	470,00
DA	215,00	215,00	143,33	143,33	716,67
Total (ppm)					1411,00

Fuente: Manzano, 2017

La cantidad total de potasio requerida para la investigación fue de 1411,00 ppm correspondientes a 423,3 ml.

8. Aplicación de los fertilizantes

a. Para cada etapa la cantidad de fertilizantes sólidos se disolvió en un vaso de precipitación de 1L con agua hasta un 70% de la capacidad del envase, se agitó hasta formar una solución homogénea, posteriormente se añadió la cantidad de potasio correspondiente a cada dosis y se vertió en el tanque del respectivo módulo.

b. Se dieron 2 ciclos de recirculación de la solución nutritiva manualmente con el fin de homogenizar la solución tanto en los tubos como en los tanques recolectores, labor que se realizó para cada época de aplicación.

c. Finalmente se midió el pH y la CE tanto en la solución del tanque como en un tubo de cada tratamiento, y en cada época de aplicación se procedió a aforar el tanque hasta los 200L, registrándose además el consumo de agua para cada fecha de evaluación (Anexo 2).

9. Medición de pH y CE en la solución nutritiva

Para cada módulo con la ayuda del potenciómetro se midió diariamente el pH y CE en un tubo de cada módulo (Anexos 3, 4, 5, 6 y 7).

10. Evaluación de los parámetros

Se realizó la evaluación conforme se detalló en la metodología.

11. Control fitosanitario

Se realizó un monitoreo permanente durante todo el ciclo del cultivo y al no existir la presencia de plagas ni enfermedades, no fue necesario realizar controles fitosanitarios.

12. Cosecha

Cuando la lechuga alcanzó la madurez comercial la lechuga se realizó la cosecha.

E. ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

1. Especificaciones del ensayo experimental

Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	9

2. Módulo

Forma del módulo	Rectangular
Distancia entre tubos	0,25 m
Distancia entre módulos	0,60 m
Efecto borde	0,60 m

3. Distancia de plantación

Entre hileras	0,25 m
Entre plantas	0,30 m
Ancho de la módulo	0,75 m
Largo de módulo	3 m
Área de cada módulo	2,25 m ²
Área neta de cada módulo	1,20 m ²
Número total de plantas en el ensayo	300
Número total de plantas a evaluarse	90
Número de plantas por tratamiento	30
Número de plantas a evaluarse por repetición	10
Área total del ensayo	25,2 m ²

4. Tratamientos en estudio

Cuadro 5. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción	Codificación
DB	Dosis baja de potasio	T1
DM	Dosis media de potasio	T2
DA	Dosis alta de potasio	T3

Fuente: Manzano, 2017

F. TIPO DE DISEÑO

1. Características del diseño

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones.

2. Esquema del análisis de varianza

a. Análisis de varianza

Cuadro 6. Análisis de Varianza (ADEVA)

Fuente de Variación	Fórmula	g l
TOTAL	$(R*T)-1$	8
REPETICIONES	$R-1$	2
TRATAMIENTOS	$T-1$	2
ERROR	$(R-1)(T-1)$	4

Fuente: Manzano, 2017

3. Análisis funcional

- a. Prueba de TUKEY al 5% cuando existió diferencia significativa entre los tratamientos.
- b. Análisis económico utilizando la relación beneficio costo.
- c. Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

Los resultados promedio obtenidos en todos los tratamientos para el porcentaje de prendimiento de la lechuga en el sistema NFT, fueron del 100 % debido al adecuado manejo del pH y CE en la solución, lo cual coincide con lo reportado por Calderón (2013) quien obtuvo el mismo porcentaje de prendimiento al evaluar el comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga en un sistema hidropónico, además como lo menciona Hydro Environment (2017) la solución nutritiva debe manejar rangos de pH entre 5,5 a 6,5 y la CE entre 0,7 a 1,5 dS/m valores que se obtuvieron durante el período de prendimiento de las plantas (Gráfico 2).

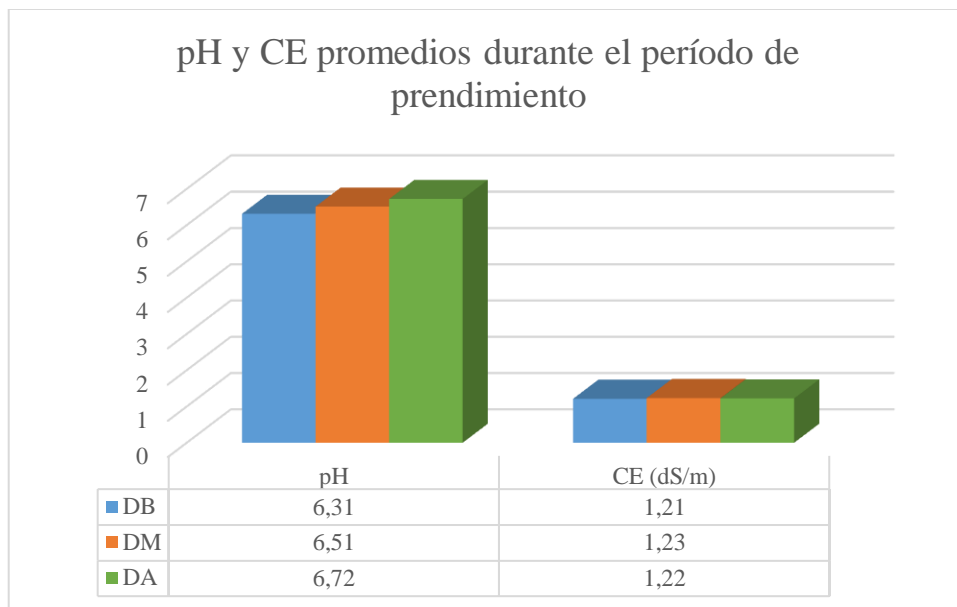


Gráfico 2. pH y CE promedio durante el período de prendimiento

Fuente: Manzano, 2017

B. NÚMERO DE HOJAS

1. Número de hojas a los 16 y 24 Días Después Del Trasplante (DDT)

El análisis de varianza para el número de hojas en ambas fechas de evaluación demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,88 y 4,50 % (Anexos 8 y 9).

2. Número de hojas a los 32 DDT

El análisis de varianza para el número de hojas a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,62 % (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza para el número de hojas a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	7,69	0,96				
REPETICIONES	2	0,17	0,08	0,48	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	6,82	3,41	19,35	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,70	0,18				
CV	3,62						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

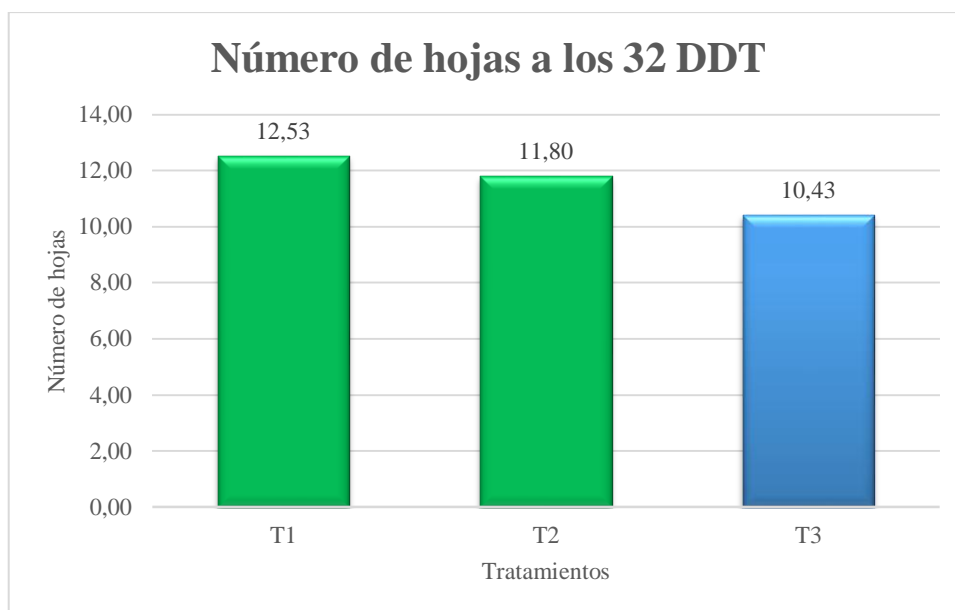
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 8, Gráfico 3) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor número de hojas se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 12,53 hojas y el tratamiento 2 (DM) con 11,80 hojas, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 10,43 hojas.

Cuadro 8. Prueba de tukey al 5% para el número de hojas a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	12,53	A
DM	T2	11,80	A
DA	T3	10,43	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 3.** Número de hojas a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Martínez & Garcés (2010) en su investigación sobre el crecimiento y producción de lechuga var. romana, bajo diferentes niveles de potasio demostraron que no existen diferencias significativas en el número de hojas en la lechuga entre dosis que van de 0 a 360 ppm de K, lo que coincide con los datos obtenidos en la presente investigación para el tratamiento 1 (DB) y el tratamiento 2 (DM) que estadísticamente comparten el mismo rango, con 12,53 y 11,80 hojas respectivamente. En el tratamiento 3 (DA), el menor número de hojas puede deberse a que la solución se encuentra muy saturada, pues como lo manifiesta Castellanos (1999) el nivel de suficiencia para el potasio varía entre 250 a 350 ppm.

3. Número de hojas a los 40 DDT

El análisis de varianza para el número de hojas a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,66 % (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza para el número de hojas a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	24,85	3,11				
REPETICIONES	2	0,10	0,05	0,30	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	24,11	12,05	74,82	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,64	0,16				
CV	2,66						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 10, Gráfico 4) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor número de hojas se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 16,67 hojas y el tratamiento 2 (DM) con 15,57 hojas, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 12,83 hojas, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 10. Prueba de tukey al 5% para el número de hojas a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	16,67	A
DM	T2	15,57	A
DA	T3	12,83	B

Fuente: Manzano, 2017

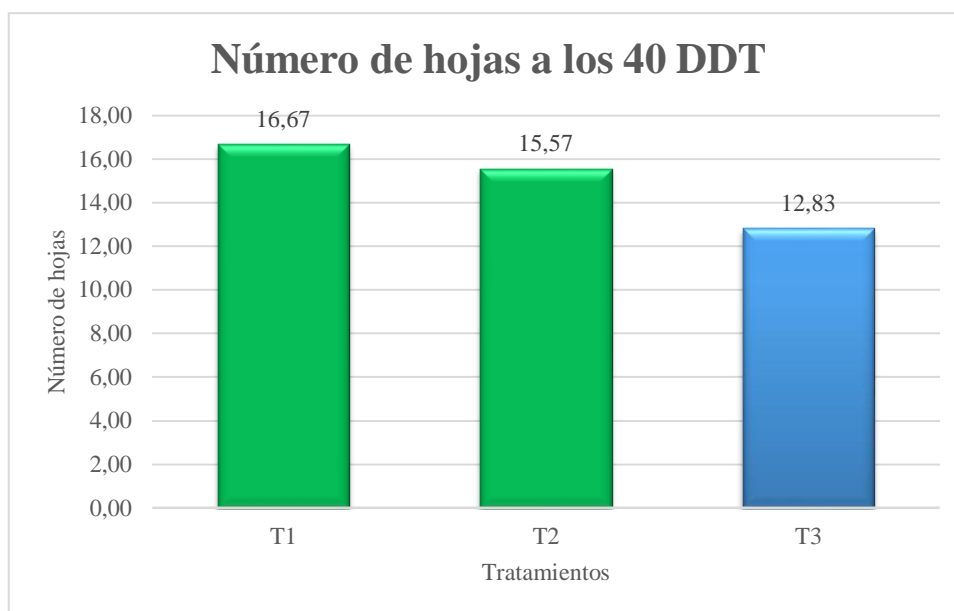


Gráfico 4. Número de hojas a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Martínez & Garcés (2010) en el trabajo mencionado anteriormente, determinaron que el número promedio de hojas de la lechuga a los 30 días es de 15 hojas con una dosis de 360 ppm de K, resultados que guardan relación con lo obtenido en esta investigación, en la cual se obtuvo un promedio de 16,67 hojas con 224,33 ppm de K (DB).

En tanto que con 470 ppm de K (DM) se obtuvieron 15,57 hojas, valores muy cercanos a los manifestados por García (2006) citado por Quispe (2015) quien en su estudio sobre la evaluación de seis variedades de lechuga, cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT obtuvo un promedio de 17,12 hojas a los 35 DDT.

Además Urey (2007) en su trabajo de investigación sobre la evaluación de tres variedades de lechuga en el sistema NFT, obtuvo como promedio 17 hojas para la lechuga variedad crespa.

En el caso del tratamiento 3 (DA) donde se obtuvieron 12,83 hojas, probablemente se deba al exceso de potasio que prácticamente duplica los niveles de suficiencia del potasio indicados por Castellanos (1999).

C. ALTURA DE PLANTA

1. Altura de planta a los 16 DDT

El análisis de varianza para la altura de planta a los 16 DDT demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,53 % (Anexo 10).

2. Altura de planta a los 24 DDT

El análisis de varianza para la altura de planta a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,11 % (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de planta a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	13,56	1,69				
REPETICIONES	2	0,12	0,06	0,31	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	12,63	6,32	31,55	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,80	0,20				
CV	3,11						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

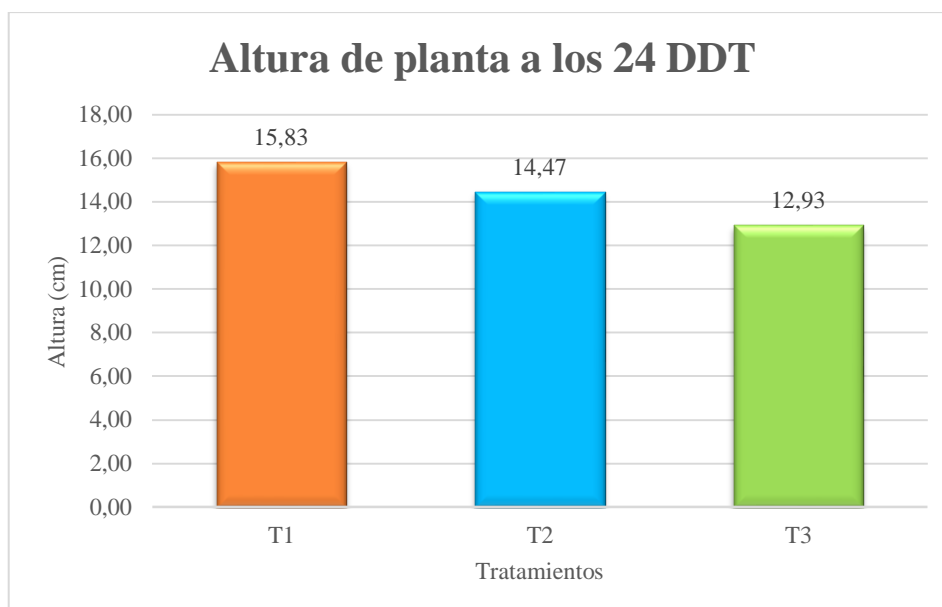
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 12, Gráfico 5) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con la mayor altura se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 15,83 cm; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 14,47 cm y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 12,93 cm.

Cuadro 12. Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	15,83	A
DM	T2	14,47	B
DA	T3	12,93	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 5.** Altura de planta a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

En una investigación realizada por Jiménez (2017) sobre la aplicación de paquetes tecnológicos para la producción de lechuga crespa, esta hortaliza alcanzó una altura promedio de 12,66 cm a los 15 DDT y 17,42 cm a los 30 DDT, las alturas obtenidas en todos los tratamientos a los 24 DDT se encuentran dentro de este rango, siendo más promisorio el tratamiento 1 (DB) con 15,83 cm.

3. Altura de planta a los 32 DDT

El análisis de varianza para la altura de planta a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,54 % (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza para la altura de planta a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	17,68	2,21				
REPETICIONES	2	0,66	0,33	0,88	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	15,52	7,76	20,59	6,94	18,00	**
ERROR	4	1,51	0,38				
CV	3,54						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

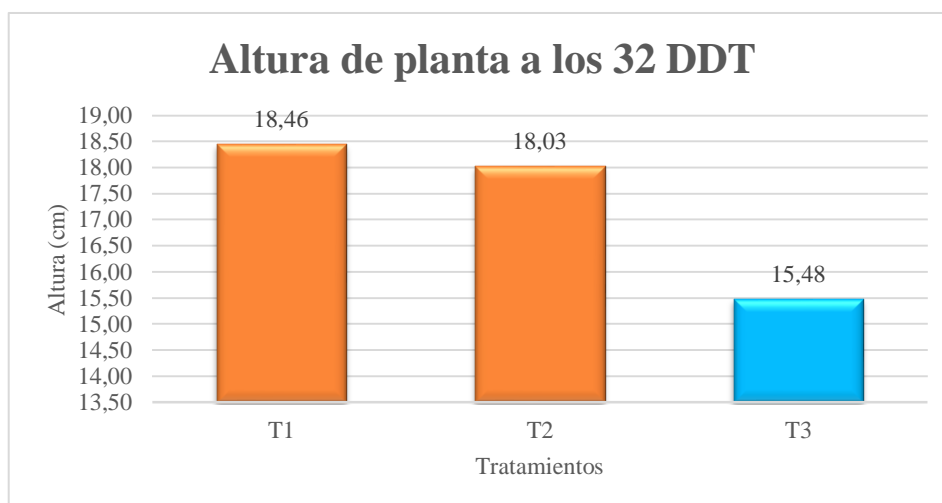
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 14, Gráfico 6) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con la mayor altura se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 18,46 cm y el tratamiento 2 (DM) con 18,03 cm, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 15,48 cm.

Cuadro 14. Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	18,46	A
DM	T2	18,03	A
DA	T3	15,48	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 6.** Altura de planta a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Jiménez (2017) en el trabajo mencionado anteriormente, determinó que la lechuga crespa alcanza en promedio una altura de 17,42 cm a los 30 DDT, valor superado a los 32 DDT en aproximadamente un 6 % con el tratamiento 1 (DB) y un 4% con el tratamiento 2 (DM), lo que puede deberse a que el K actúa sinérgicamente con las giberelinas en puntos de crecimiento como lo indican Martínez & Garcés (2010).

4. Altura de planta a los 40 DDT

El análisis de varianza para la altura de planta a los 40 DDT demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,25 % (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza para la altura de planta a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	18,85	2,36				
REPETICIONES	2	0,71	0,36	0,58	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	15,69	7,85	12,83	6,94	18,00	*
ERROR	4	2,45	0,61				
CV	4,25						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

*: Significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 16, Gráfico 7) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con la mayor altura se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 19,61 cm y el tratamiento 2 (DM) con 18,98 cm, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 16,55 cm, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 16. Prueba de tukey al 5% para la altura de planta a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	19,61	A
DM	T2	18,98	A
DA	T3	16,55	B

Fuente: Manzano, 2017

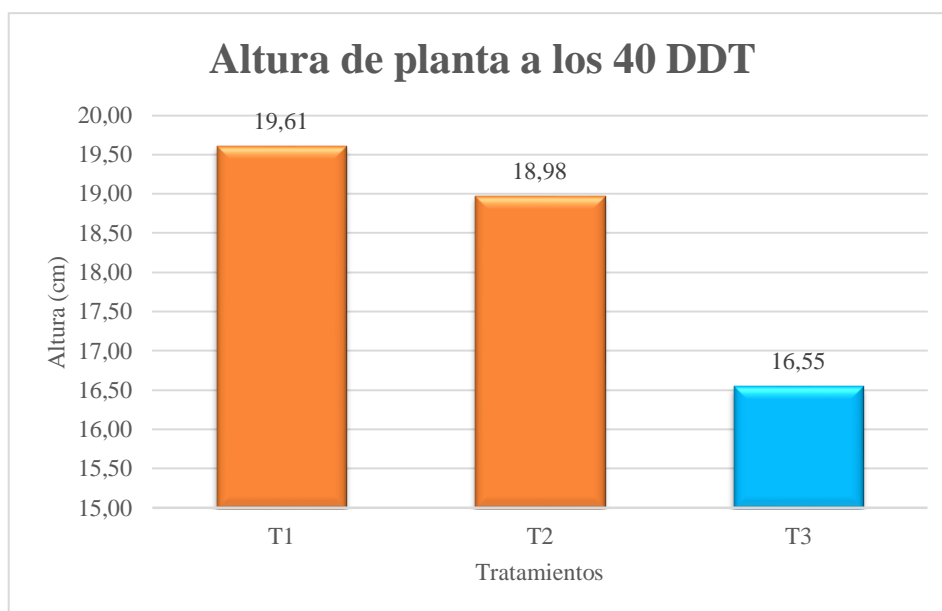


Gráfico 7. Altura de planta a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Jiménez (2017) en la investigación anteriormente, indica que la lechuga crespa alcanza en promedio una altura de 21,18 cm a los 45 DDT, en la presente investigación la altura registrada a los 40 DDT para todos los tratamientos fue menor, siendo el tratamiento 1 (DB) con 19,61 cm el que más altura obtuvo.

Una de las razones por las que no se registraron alturas mayores se debió a que la planta alcanzó la madurez comercial más rápido en el sistema hidropónico que en la producción convencional en campo.

D. LONGITUD DE RAÍZ

1. Longitud de raíz a los 16 DDT

El análisis de varianza para la longitud de raíz a los 16 DDT demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,50 % (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	22,35	2,79				
REPETICIONES	2	0,73	0,36	0,48	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	18,59	9,29	12,25	6,94	18,00	*
ERROR	4	3,03	0,76				
CV	5,50						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

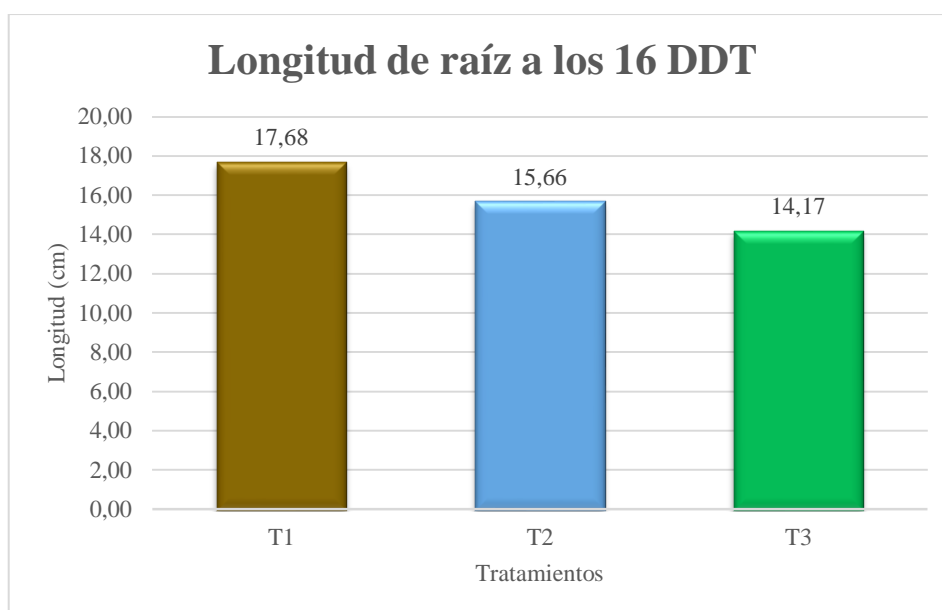
*: Significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 18, Gráfico 8) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con la mayor longitud se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 17,68 cm; mientras que en el rango “AB” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 15,66 cm y en el rango “B” se ubicó el tratamiento T3 (DA) con 14,17 cm.

Cuadro 18. Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 16 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	17,68	A
DM	T2	15,66	AB
DA	T3	14,17	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 8.** Longitud de raíz a los 16 DDT

Fuente: Manzano, 2017

La mayor longitud radicular registrada en el tratamiento 1 (17,68 cm) puede deberse en gran medida a lo manifestado Martínez & Garcés (2010) quienes indican que el K tiene una influencia marcada en los puntos de crecimiento de la planta. Al respecto Intagri (2017) también señala que el potasio es el principal soluto requerido en las vacuolas para la elongación de las células debido a que aumenta el potencial osmótico favoreciendo la entrada de agua. Por lo tanto, el potasio es un nutriente fundamental para la elongación celular, principalmente para el crecimiento de las raíces.

La longitud de raíz registrada en el tratamiento 2 (DM) tuvo un comportamiento similar al anterior, en tanto que el tratamiento 3 (DA) presentó la menor longitud, lo que puede atribuirse al exceso de K, que sobrepasa los rangos establecidos en las soluciones propuestas por Johnson, Jensen, Larsen & Cooper con 138, 156 y 300 ppm respectivamente, citados en el Cuadro 2 por Valverde (2013).

2. Longitud de raíz a los 24 DDT

El análisis de varianza para la longitud de raíz a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,34 % (Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	54,67	6,83				
REPETICIONES	2	0,31	0,15	0,34	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	52,59	26,29	59,22	6,94	18,00	**
ERROR	4	1,78	0,44				
CV	3,34						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 20, Gráfico 9) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con la mayor longitud se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con

22,12 cm y el tratamiento 2 (DM) con 21,20 cm; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 16,59 cm.

Cuadro 20. Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	22,12	A
DM	T2	21,20	A
DA	T3	16,59	B

Fuente: Manzano, 2017

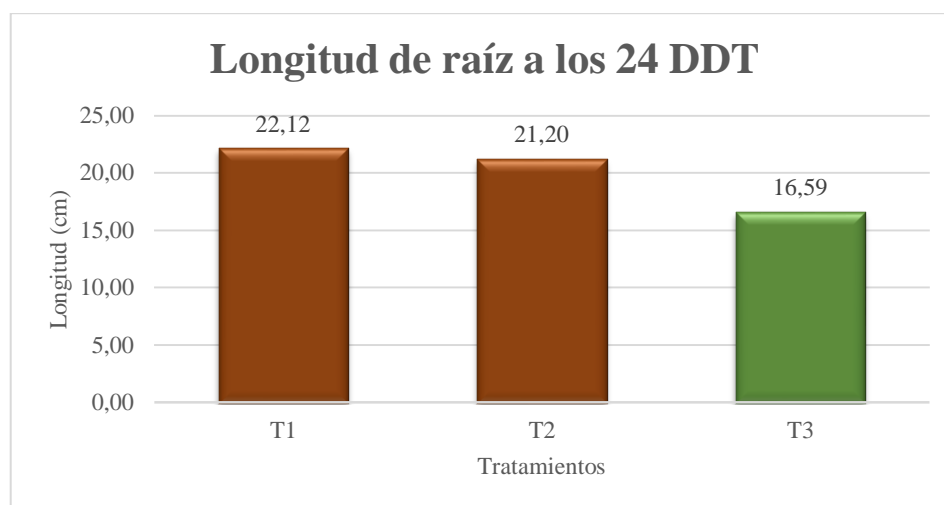


Gráfico 9. Longitud de raíz a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

A los 24 DDT el incremento de la longitud radicular para el tratamiento 1 (DB) y tratamiento 2 (DM) comparten el mismo rango estadístico, lo que se puede asociar al crecimiento potenciado por el potasio en rangos hasta 470 ppm de K, mientras que el T3 (DA), continúa presentando la menor longitud. Al respecto en una investigación realizada por Inthichack, Nishimura & Fukumoto (2012) sobre el efecto de las fuentes y las tasas de potasio sobre el crecimiento de lechuga, determinaron que un aumento de K a 643,7 ppm no causó ningún beneficio adicional en el crecimiento de dicha hortaliza en un sistema hidropónico.

3. Longitud de raíz a los 32 DDT

El análisis de varianza para la longitud de raíz a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,56 % (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	145,36	18,17				
REPETICIONES	2	0,16	0,08	0,20	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	143,64	71,82	183,51	6,94	18,00	**
ERROR	4	1,57	0,39				
CV	2,56						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 22, Gráfico 10) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con la mayor longitud se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 27,91 cm y el tratamiento 2 (DM) con 26,65 cm, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 18,88 cm, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 22. Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	27,91	A
DM	T2	26,65	A
DA	T3	18,88	B

Fuente: Manzano, 2017

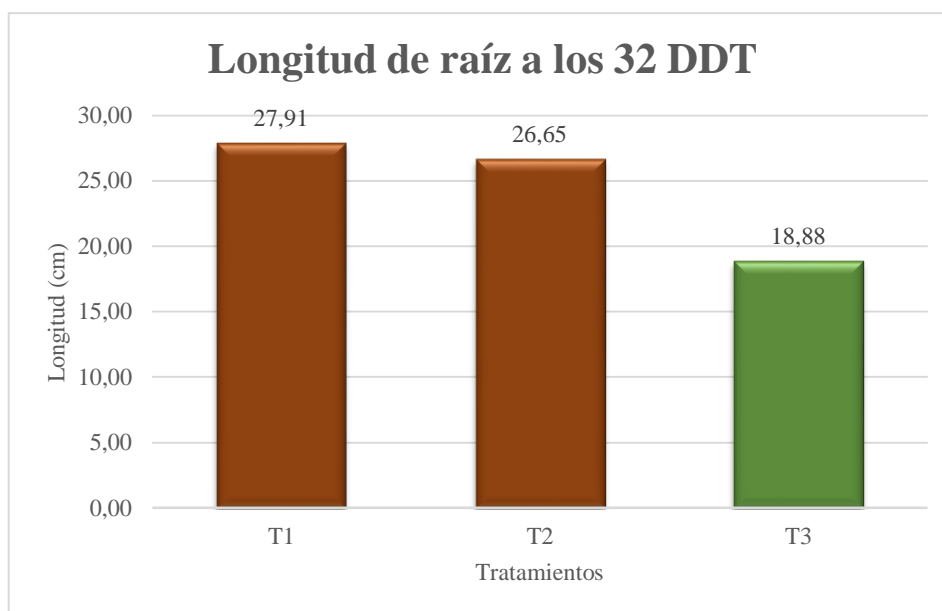


Gráfico 10. Longitud de raíz a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

En una investigación realizado Cajo (2016) sobre la producción hidropónica de lechuga crepsa bajo el sistema NFT, se obtuvo una longitud radicular de 4,68 cm a los 35 DDT con una solución nutritiva que contenía 80 ppm de K, lo cual fue superado en esta investigación a los 32 DDT, en aproximadamente un 496 % con el tratamiento 1 (DB), 469 % con el tratamiento 2 (DM) y 303 % con el tratamiento 3 (DA), lo que a su vez potencia el crecimiento de la parte aérea, pues el mayor desarrollo de la zona radicular se traduce en una mejor asimilación de los nutrientes.

4. Longitud de raíz a los 40 DDT

El análisis de varianza para la longitud de raíz a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,88 % (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza para la longitud de raíz a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	362,35	45,29				
REPETICIONES	2	0,96	0,48	0,36	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	356,02	178,01	132,76	6,94	18,00	**
ERROR	4	5,36	1,34				
CV	3,88						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

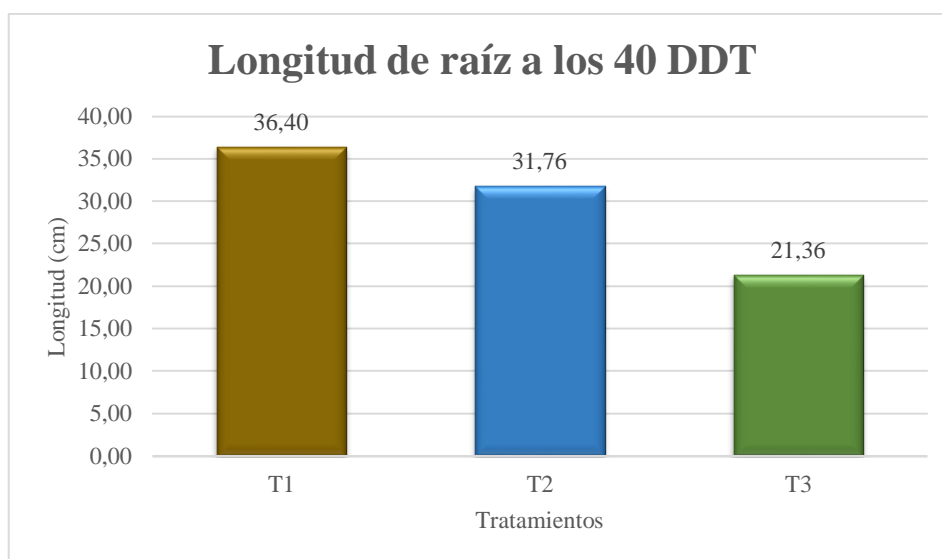
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 24, Gráfico 11) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con la mayor longitud se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 36,40 cm, mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 31,76 cm y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 21,36 cm.

Cuadro 24. Prueba de tukey al 5% para la longitud de raíz a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	36,40	A
DM	T2	31,76	B
DA	T3	21,36	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 11.** Longitud de raíz a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

En la investigación realizada por Cajo (2016) sobre la producción hidropónica de lechuga cresa bajo el sistema NFT, se consiguió un desarrollo muy limitado de la raíz a los 50 DDT, al emplear una solución con 80 ppm de K, con una longitud de 8,87 cm, valor que fue superado en esta investigación a los 40 DDT, aproximadamente en un 310, 258 y 141 % con los tratamientos 1 (DB), 2 (DM) y 3 (DA) respectivamente. Lo que coincide con lo manifestado por Melgar, Magen & Imas (2015) que señalan que entre las funciones y efectos del potasio está el crecimiento radicular debido a la mejor absorción de nutrientes, el mejor uso del agua del suelo y el consecuente desarrollo de raíces más vigorosas.

E. CONTENIDO DE POTASIO EN HOJAS Y RAÍZ

1. Contenido de potasio en hojas

a. Contenido de potasio en hojas a los 16 DDT

No se pudo realizar el análisis de potasio en hojas a los 16 DDT debido a que el peso seco de la muestra fue inferior a 1g, cantidad mínima requerida por el laboratorio para efectuar dicho análisis.

b. Contenido de potasio en hojas a los 24 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,42 % (Cuadro 25).

Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	9,71	1,21				
REPETICIONES	2	0,11	0,05	5,76	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	9,56	4,78	506,24	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,04	0,01				
CV	2,42						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 26, Gráfico 12) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor porcentaje se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 5,40 %; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 3,70 % y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 2,93 % de potasio total.

Cuadro 26. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	5,40	A
DM	T2	3,70	B
DA	T3	2,93	C

Fuente: Manzano, 2017

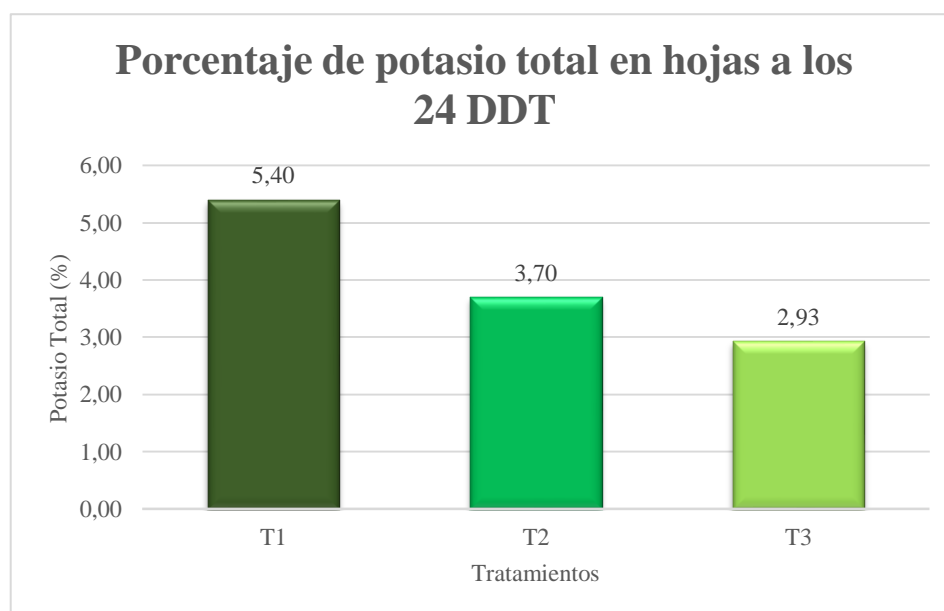


Gráfico 12. Porcentaje de potasio total en hojas a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Sosa y otros (2017) en su investigación sobre curvas de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga cv. coolward en invernadero, determinaron la concentración de K a los 24 DDT con una acumulación en la parte aérea de 7,1 %, empleando un suelo limo arenoso como sustrato el cual contenía 960 ppm de K-intercambiable, por lo que al considerar las dosis de K evaluadas en el presente estudio, los porcentajes de este elemento en la parte aérea a la misma fecha son ligeramente inferiores, aproximadamente en un 24% para el caso del tratamiento 1 (DB), mientras que en los dos casos restantes difiere de lo expuesto por los autores, lo que podría

atribuirse a las diferencias que existen en los mecanismos de absorción entre un cultivo en suelo frente a un cultivo establecido en el sistema NFT y además debido a la selectividad de la planta el K fue mejor absorbido en la dosis que guarda más relación con las que se proponen en el Cuadro 2, citado por Valverde (2013) que van desde 138 a 300 ppm de K.

c. Contenido de potasio en hojas a los 32 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,94 % (Cuadro 27).

Cuadro 27. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	10,16	1,27				
REPETICIONES	2	0,01	0,003	0,06	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	9,92	4,96	85,03	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,23	0,06				
CV	5,94						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 28, Gráfico 13) se determinó que existen 2 rangos: en el rango "A" con el mayor porcentaje se ubicaron el tratamiento T1 (DB) con 5,00 % y el tratamiento 2 (DM) con 4,60 %; mientras que en el rango "B" se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 2,60 % de potasio total.

Cuadro 28. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	5,00	A
DM	T2	4,60	A
DA	T3	2,60	B

Fuente: Manzano, 2017

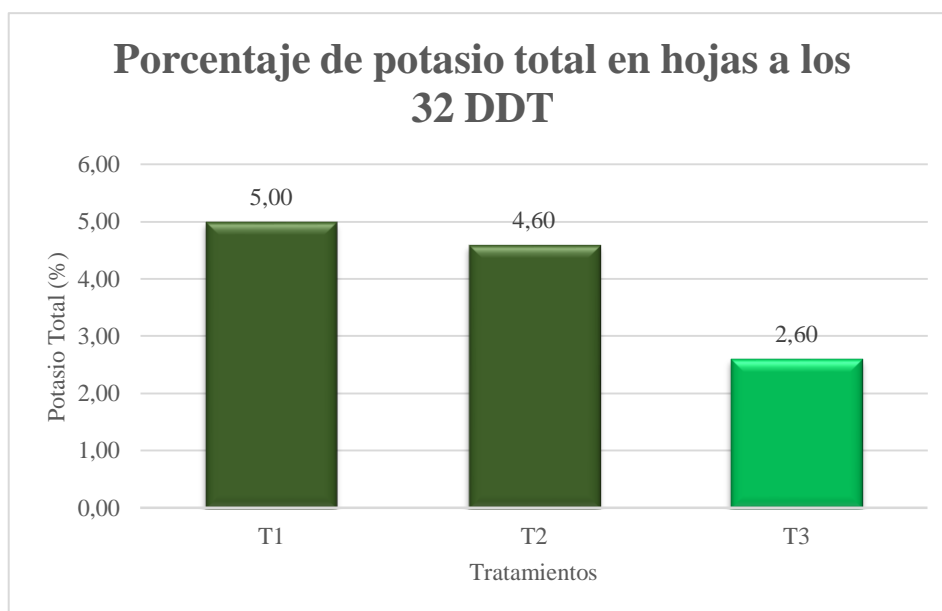


Gráfico 13. Porcentaje de potasio total en hojas a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Sosa y otros (2017) en el trabajo mencionado anteriormente, demostraron que la concentración de K en la parte aérea fue de 6 % a los 35 DDT, valor que resulta superior a lo obtenido con todas las dosis evaluadas en esta investigación, no obstante se evidencia una ligera semejanza con el comportamiento en el contenido foliar de K en la lechuga crespa a los 32 DDT para el caso del tratamiento 1 (DB) y 2 (DM) que son inferiores en aproximadamente un 17 y 23 % respectivamente.

A pesar de que la dosis alta contiene 716,67 ppm de K es el tratamiento que presentó menor porcentaje de este elemento en la parte aérea, lo que pudo estar directamente relacionado con el crecimiento más limitado que se evidenció en las plantas expuestas a esta dosis, pues como lo manifiestan Inthichack, Nishimura & Fukumoto (2012) un aumento de K no genera ningún beneficio adicional en el crecimiento de la lechuga en un sistema hidropónico.

d. Contenido de potasio en hojas a los 40 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,56 % (Cuadro 29).

Cuadro 29. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	5,51	0,69				
REPETICIONES	2	0,10	0,05	4,30	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	5,37	2,68	241,60	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,04	0,01				
CV	2,56						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

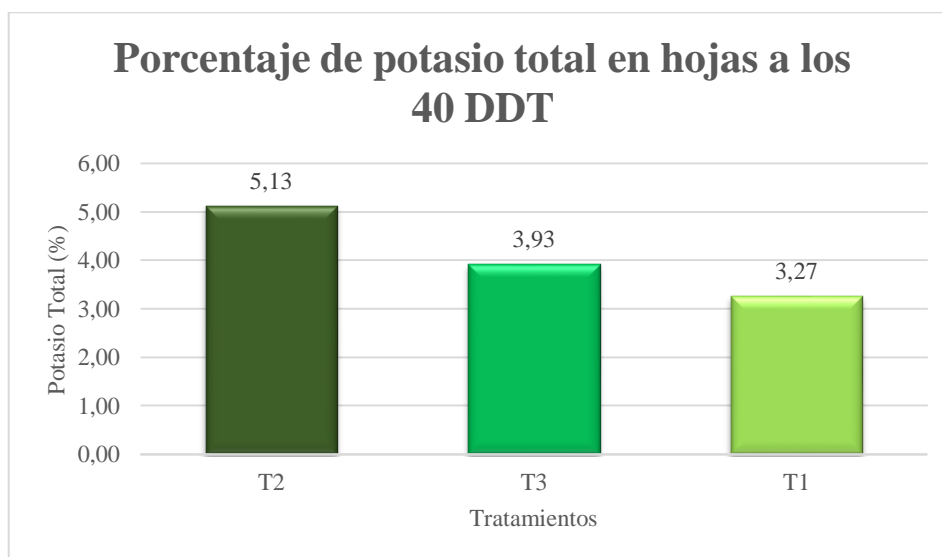
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 30, Gráfico 14) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor porcentaje se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 5,13 %; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 3,93 % y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 3,27 % de potasio total.

Cuadro 30. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DM	T2	5,13	A
DA	T3	3,93	B
DB	T1	3,27	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 14.** Porcentaje de potasio total en hojas a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Sosa y otros (2017) en el trabajo mencionado anteriormente, determinaron que la concentración de K en la parte aérea de la lechuga cv. coolward a los 43 DDT es de 5,5 %, en la presente investigación la duración de todo el ciclo fue de 42 DDT obteniéndose una concentración de 5,13 % en las hojas con el T2 (DM) lo cual concuerda con lo manifestado por los autores en mención.

Sosa y otros (2017) también señalan que al alcanzar la madurez comercial a los 65 DDT la concentración de K en las hojas desciende hasta 4,3 %, en este estudio la madurez comercial se alcanzó a los 42 DDT para todos los tratamientos, lo que hace suponer que aunque en el caso del T1 (DB) el porcentaje final de potasio en las hojas fue más bajo superado incluso por el T3 (DA) en un 20% aproximadamente.

Además Bloodnick (2017) manifiesta que los análisis de tejido de las hojas muestran que los niveles de potasio a menudo son cercanos a los del nitrógeno (entre 3 y 5 % expresado en peso seco), siendo el potasio que se encuentra dentro de la solución de las células de la planta el que mantiene la presión de turgencia, lo que coincide con lo observado en la investigación realizada pues las plantas mantuvieron su turgencia durante el ciclo de producción en todos los tratamientos evaluados, a pesar de estar sometidas a temperaturas elevadas al interior del invernadero, pues en todas las fechas de evaluación el porcentaje de K en las hojas se mantuvo dentro del rango indicado anteriormente (3 y 5 %).

2. Contenido de potasio en raíz

a. Contenido de potasio en raíz a los 16 DDT

No se pudo realizar el análisis de potasio en raíz a los 16 DDT debido a que el peso seco de la muestra fue inferior a 1g, cantidad mínima requerida por el laboratorio para efectuar dicho análisis.

b. Contenido de potasio en raíz a los 24 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 6,00 % (Cuadro 31).

Cuadro 31. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	11,016	1,377				
REPETICIONES	2	0,004	0,002	0,12	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	10,940	5,470	305,59	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,072	0,018				
CV	6,00						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

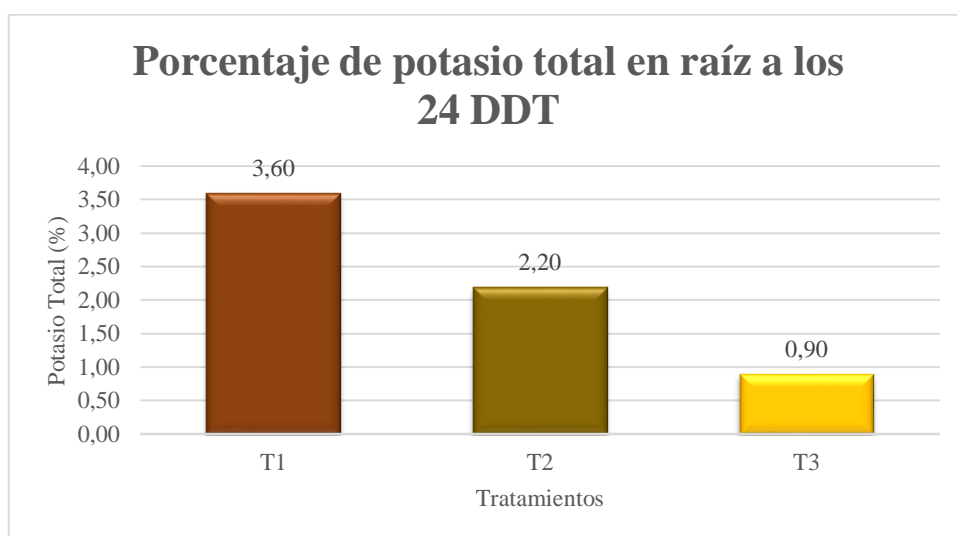
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 32, Gráfico 15) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor porcentaje se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 3,60 %; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 2,20 % y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 0,90 % de potasio total.

Cuadro 32. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	3,60	A
DM	T2	2,20	B
DA	T3	0,90	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 15.** Porcentaje de potasio total en raíz a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Valverde (2013) en su investigación sobre establecimiento de curvas de absorción para lechuga bajo el sistema NFT modificado, manifiesta que el porcentaje de K en la raíz de la lechuga tipo salanova a los 15 DDT es de 4,81 % empleando una solución con 369 ppm de K, en la presente investigación la concentración de K en la raíz de la lechuga crespa a los 24 DDT fue menor en todos los casos a pesar de que las dosis de potasio tanto para el tratamiento 2 (DM) y el tratamiento 3 (DA) fueron mayores. No obstante se mantiene la misma tendencia de lo acontecido con el contenido de potasio en las hojas, en todos los tratamientos en la misma fecha de evaluación.

c. Contenido de potasio en raíz a los 32 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 32 DDT demostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 6,23 % (Anexo 11).

d. Contenido de potasio en raíz a los 40 DDT

El análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT demostró que existen diferencias significativas entre las repeticiones y diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,37 % (Cuadro 33).

Cuadro 33. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	34,08	4,26				
REPETICIONES	2	0,05	0,02	7,00	6,94	18,00	*
TRATAMIENTOS	2	34,02	17,01	5103,00	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,01	0,00				
CV	1,37						

Fuente: Manzano, 2017

*: Significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 34, Gráfico 16) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor porcentaje se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 6,00 %; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 5,10 % y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 1,50 % de potasio total.

Cuadro 34. Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DM	T2	6,00	A
DA	T3	5,10	B
DB	T1	1,50	C

Fuente: Manzano, 2017

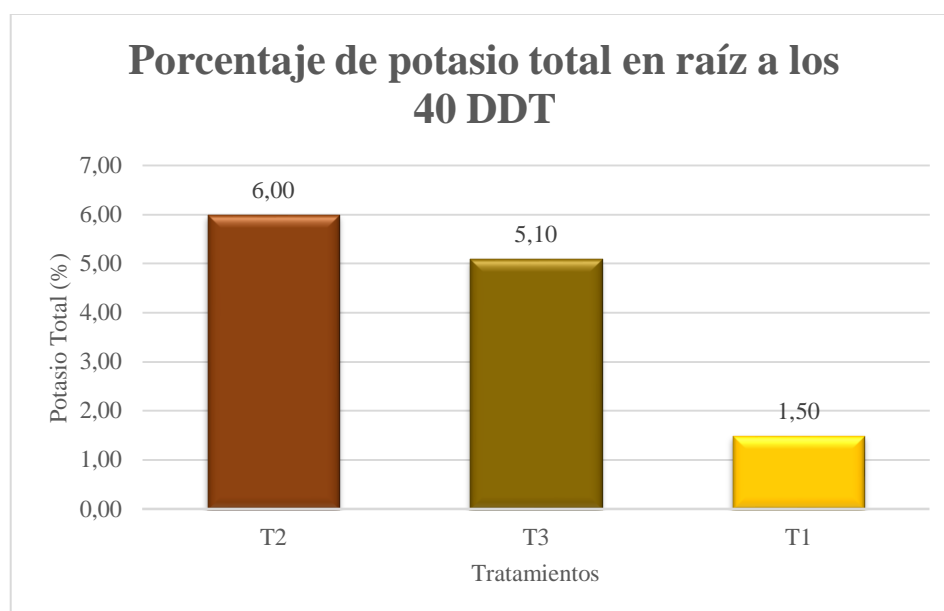


Gráfico 16. Porcentaje de potasio total en raíz a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Valverde (2013) en el trabajo mencionado anteriormente, estableció que la lechuga tipo salanova absorbe a nivel radicular 5,64% de K a los 30 DDT, al emplear una solución nutritiva que contenía 369 ppm de dicho elemento, en esta investigación la lechuga crespa presenta la mayor absorción radicular de K a los 40 DDT con un valor de 6 % para el T2 (DM) que contiene 470 ppm, además se mantiene la tendencia de lo acontecido con el contenido de potasio en hojas para todos los tratamientos en la misma fecha de evaluación.

F. PESO FRESCO DE LA PARTE AÉREA

1. Peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,20 % (Cuadro 35).

Cuadro 35. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,79	0,10				
REPETICIONES	2	0,05	0,03	1,91	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,68	0,34	24,91	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,05	0,01				
CV	3,20						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 36, Gráfico 17) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 3,97 g y el tratamiento 2 (DM) con 3,70 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 3,30 g.

Cuadro 36. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	3,97	A
DM	T2	3,70	A
DA	T3	3,30	B

Fuente: Manzano, 2017

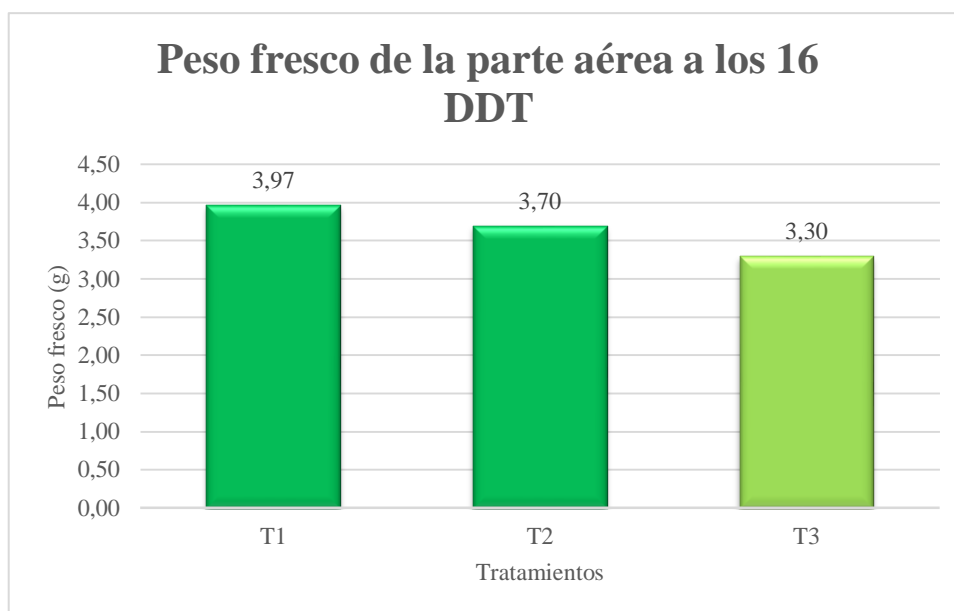


Gráfico 17. Peso fresco de la parte aérea a los 16 DDT

Fuente: Manzano, 2017

En una investigación realizada por Gutiérrez (2011) sobre la producción hidropónica de lechuga con recirculación de la solución nutritiva, empleando una solución que contenía 175 ppm de K se obtuvo un peso fresco de 3,89 g para la parte aérea a los 16 DDT, valor que fue superado en aproximadamente un 3% con el tratamiento 1 (DB), pero que superó en aproximadamente un 5% al tratamiento 2 (DM) y 11% al tratamiento 3 (DA), lo que pudo deberse al desarrollo más o menos equilibrado de las plantas en todos los tratamientos hasta esta fecha de evaluación.

2. Peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,11 % (Cuadro 37).

Cuadro 37. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	839,43	104,93				
REPETICIONES	2	22,51	11,25	2,58	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	799,51	399,75	91,80	6,94	18,00	**
ERROR	4	17,42	4,35				
CV	4,11						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

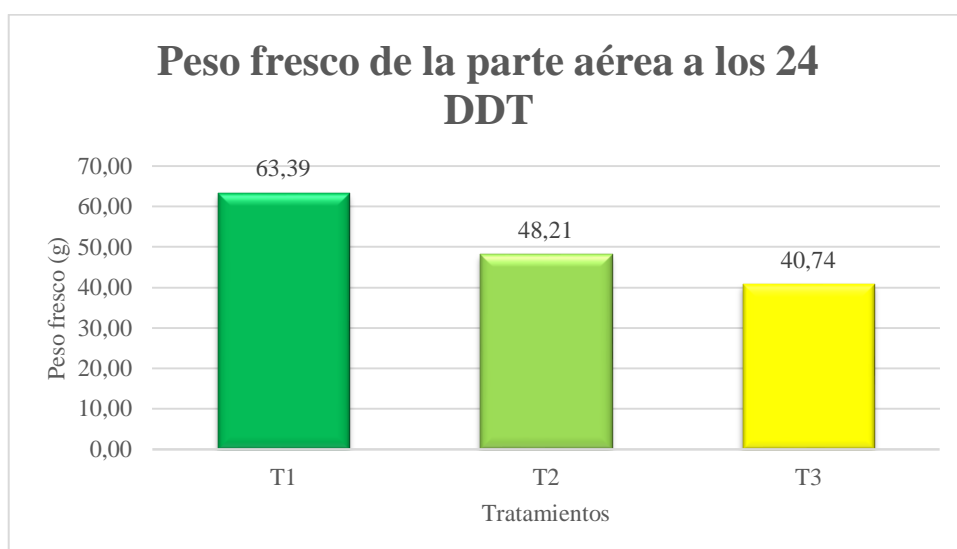
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 38, Gráfico 18) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 63,39 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 48,21 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 40,74 g.

Cuadro 38. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	63,39	A
DM	T2	48,21	B
DA	T3	40,74	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 18.** Peso fresco de la parte aérea a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso fresco para la parte aérea de 14,49 g a los 23 DDT, valor que se ve superado por todos los tratamientos evaluados en la esta investigación, en aproximadamente un 337% con el tratamiento 1 (DB), 233% con el tratamiento 2 (DM) y 181% con el tratamiento 3 (DA), ya que como lo manifiesta Intagri (2017) el potasio es un nutriente clave en la relación agua-planta al ayudar a los vegetales a mantener altos niveles de turgencia, influyendo además en el peso fresco pues garantiza niveles adecuados de agua en las plantas.

3. Peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,05 % (Cuadro 39).

Cuadro 39. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	3634,36	454,30				
REPETICIONES	2	30,65	15,33	0,92	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	3536,92	1768,46	105,91	6,94	18,00	**
ERROR	4	66,79	16,70				
CV	4,05						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

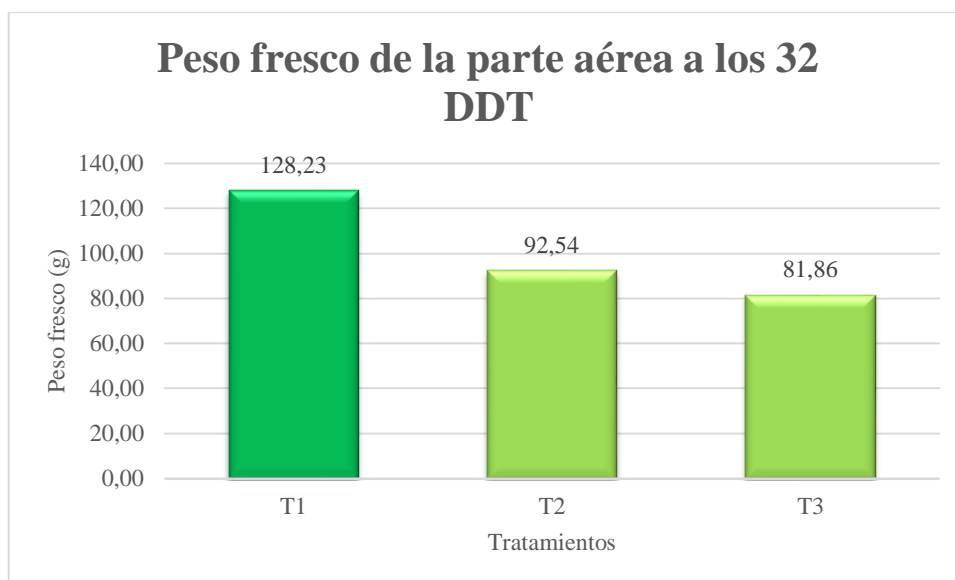
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 40, Gráfico 19) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 128,23 g; mientras que en el rango “B” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 92,54 g y el tratamiento 3 (DA) con 81,86 g.

Cuadro 40. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	128,23	A
DM	T2	92,54	B
DA	T3	81,86	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 19.** Peso fresco de la parte aérea a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso fresco de la parte aérea de 85,10 g a los 32 DDT, valor ligeramente superior al obtenido con el T3 (DA) en aproximadamente un 4 %, lo que puede deberse a la sobresaturación de la solución nutritiva, pero superado en aproximadamente un 51 % con el tratamiento 1 (DB) y 7% con el tratamiento 2 (DM), haciéndose evidente que un adecuado suministro de K y que sobretodo se encuentre cercano a los rangos permisibles que propone Valverde (2013) desde 138 a 300 ppm de K permite obtener mayores pesos frescos.

4. Peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,82 % (Cuadro 41).

Cuadro 41. Análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	13837,87	1729,73				
REPETICIONES	2	117,40	58,70	1,88	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	13595,60	6797,80	217,74	6,94	18,00	**
ERROR	4	124,88	31,22				
CV	3,82						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 42, Gráfico 20) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 193,01 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 149,05 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 97,90 g.

Cuadro 42. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	193,01	A
DM	T2	149,05	B
DA	T3	97,90	C

Fuente: Manzano, 2017

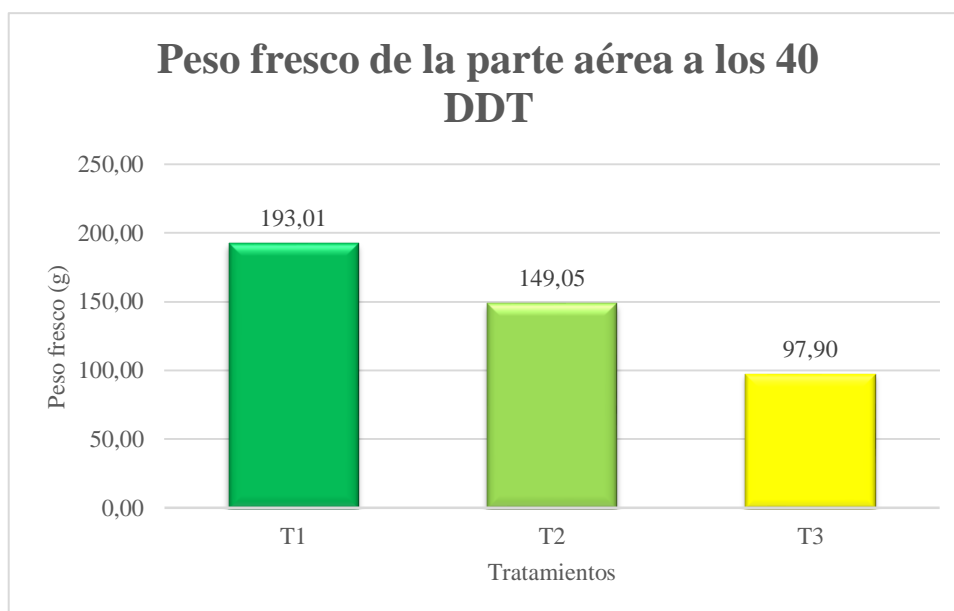


Gráfico 20. Peso fresco de la parte aérea a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso fresco de la parte aérea de 186,34 g para la planta de lechuga a los 39 DDT, en la presente investigación al llegar a la madurez comercial a los 42 DDT, se podría presumir que la lechuga a los 40 DDT ha alcanzado prácticamente su mayor peso fresco en todos los tratamientos, siendo este parámetro menor para el tratamiento 2 (DM) y el tratamiento 3 (DA), lo que sería contrario a lo encontrado en el contenido de K en hojas a la fecha en mención, pero que podría estar relacionado con el desarrollo general que las plantas mostraron en cada tratamiento para los demás parámetros evaluados.

Además como lo explica Gutiérrez (2002) cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna y por ende la turgencia, lo que conjuntamente con lo manifestado por Di Benedetto & Tognetti (2016) quienes afirman que en condiciones de turgencia plena, el peso fresco o húmedo es un buen estimador, la presente investigación podría demostrar que se establece una relación directa entre el peso fresco y la dosis más equilibrada de potasio en la solución nutritiva, para lograr los mejores resultados, además de que todas las dosis permitieron el mantenimiento de la turgencia.

G. PESO FRESCO DE LA RAÍZ

1. Peso fresco de la raíz a los 16 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 16 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,35 % (Cuadro 43).

Cuadro 43. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,06	0,01				
REPETICIONES	2	0,00	0,00	1,17	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,06	0,03	41,10	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,00	0,00				
CV	2,35						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 44, Gráfico 21) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 1,20 g y el tratamiento 2 (DM) con 1,15 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 1,01 g.

Cuadro 44. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 16 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	1,20	A
DM	T2	1,15	A
DA	T3	1,01	B

Fuente: Manzano, 2017

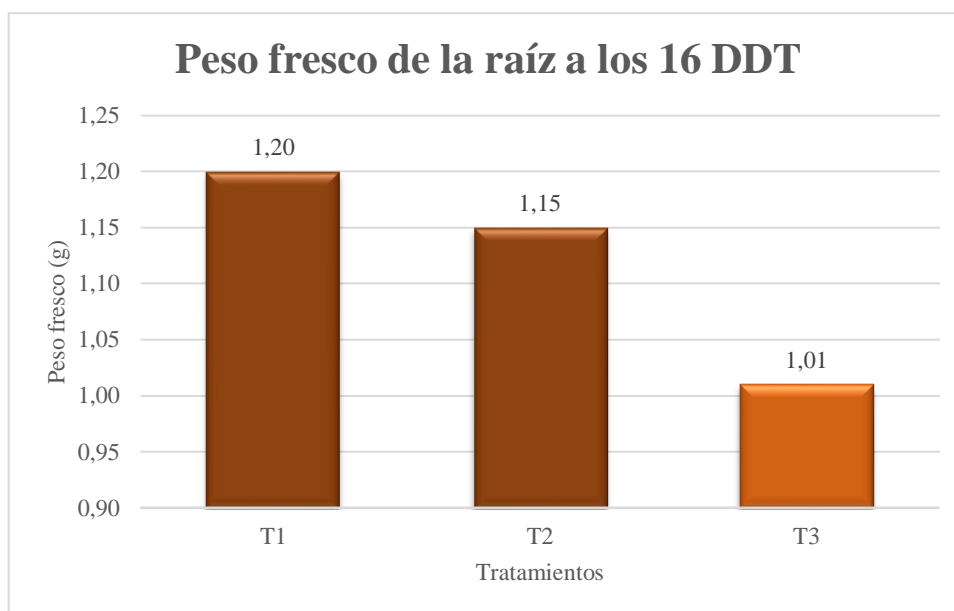


Gráfico 21. Peso fresco de la raíz a los 16 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Melgar, Magen & Imas (2015) manifiestan que el potasio permite el desarrollo de raíces más vigorosas que permiten un mejor uso del agua, en esta investigación el tratamiento 1 (DB) y el tratamiento 2 (DM) presentan un peso fresco de la raíz estadísticamente igual a los 16 DDT, superando al tratamiento 3 (DA) en aproximadamente un 19 y 14% respectivamente.

Además estos resultados podrían estar directamente relacionados con lo manifestado por Urrestarazu (2015) que indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva está entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K, e incluso la dosis media con 470 ppm no se aparta mucho de este rango.

2. Peso fresco de la raíz a los 24 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,84 % (Cuadro 45).

Cuadro 45. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	9,77	1,22				
REPETICIONES	2	0,14	0,07	0,41	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	8,96	4,48	26,45	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,68	0,17				
CV	3,84						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

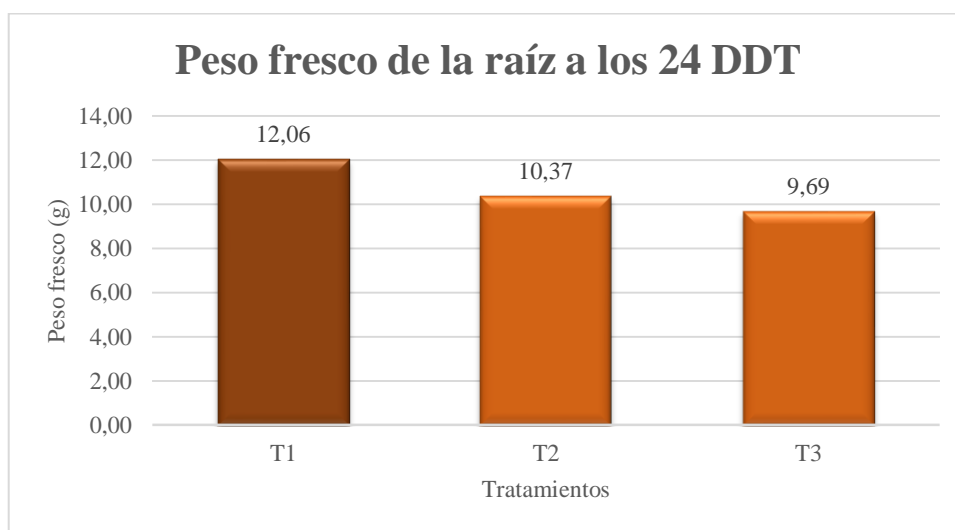
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 46, Gráfico 22) se presentaron 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 12,06 g: mientras que en el rango “B” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 10,37 g y el tratamiento 3 (DA) con 9,69 g.

Cuadro 46. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	12,06	A
DM	T2	10,37	B
DA	T3	9,69	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 22.** Peso fresco de la raíz a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

En función de los datos registrados se puede apreciar como el peso fresco de la raíz a los 24 DDT es mayor en el tratamiento 1 (DB), pues como manifiesta Matts (2015) el potasio cumple un papel esencial de mantener el contenido de agua de las células vegetales, lo que guarda relación con el peso fresco y que además podría explicarse con lo manifestado por Urrestarazu (2015) que indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva está entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K.

3. Peso fresco de la raíz a los 32 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,55 % (Cuadro 47).

Cuadro 47. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	106,52	13,32				
REPETICIONES	2	1,98	0,99	2,09	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	102,66	51,33	108,62	6,94	18,00	**
ERROR	4	1,89	0,47				
CV	3,55						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

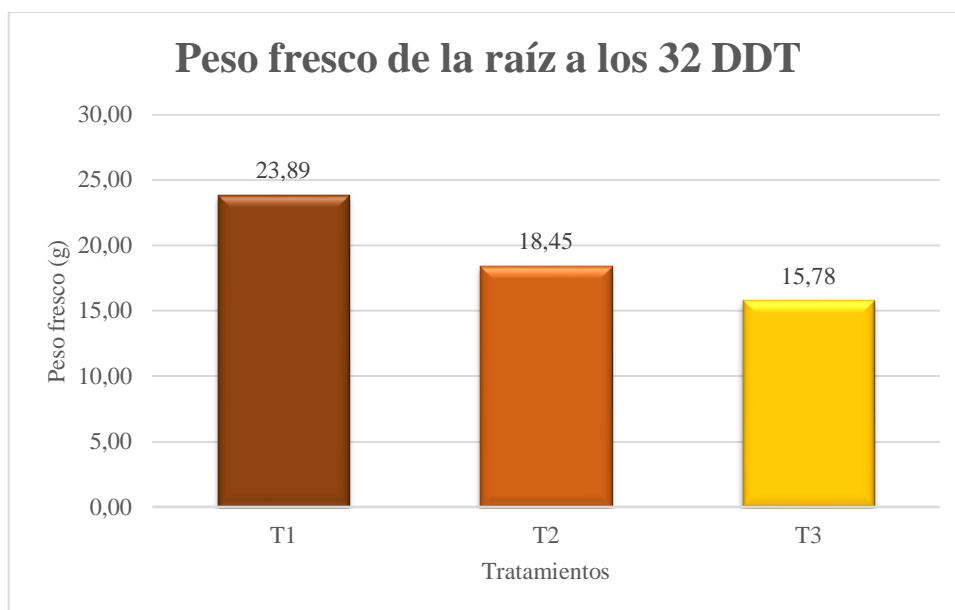
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 48, Gráfico 23) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 23,89 g: mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 18,45 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 15,78 g.

Cuadro 48. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	23,89	A
DM	T2	18,45	B
DA	T3	15,78	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 23.** Peso fresco de la raíz a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

El tratamiento 1 (DB) permitió la obtención del mayor peso fresco de la raíz a los 32 DDT, lo que puede estar directamente relacionado con lo manifestado por Urrestarazu (2015) quien indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva está entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K.

4. Peso fresco de la raíz a los 40 DDT

El análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,82 % (Cuadro 49).

Cuadro 49. Análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	345,86	43,23				
REPETICIONES	2	1,10	0,55	0,78	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	341,93	170,97	241,82	6,94	18,00	**
ERROR	4	2,83	0,71				
CV	2,82						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

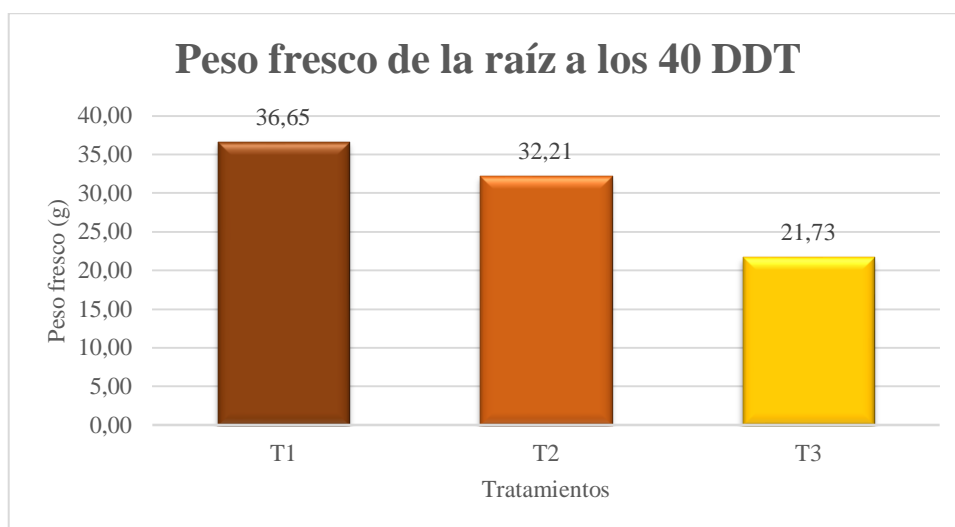
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 50, Gráfico 24) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso fresco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 36,65 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 32,21 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 21,73 g, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 50. Prueba de tukey al 5% para el peso fresco de la raíz a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	36,65	A
DM	T2	32,21	B
DA	T3	21,73	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 24.** Peso fresco de la raíz a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Matts (2015) indica que el potasio cumple un papel esencial de mantener el contenido de agua de las células vegetales, por lo que un suministro adecuado de este elemento garantiza un mayor peso fresco, lo que pudo evidenciarse en la presente investigación principalmente con el tratamiento 1, el cual se encuentra dentro del rango óptimo indicado por Urrestarazu (2015) de 150 a 400 ppm de K, ratificándose como el mejor tratamiento pues garantiza una mejor absorción de agua y nutrientes.

H. PESO SECO DE LA PARTE AÉREA

1. Peso seco de la parte aérea a los 16 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 16 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,49 % (Cuadro 51).

Cuadro 51. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,10	0,01				
REPETICIONES	2	0,00	0,00	1,73	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,10	0,05	134,27	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,00	0,00				
CV	4,49						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

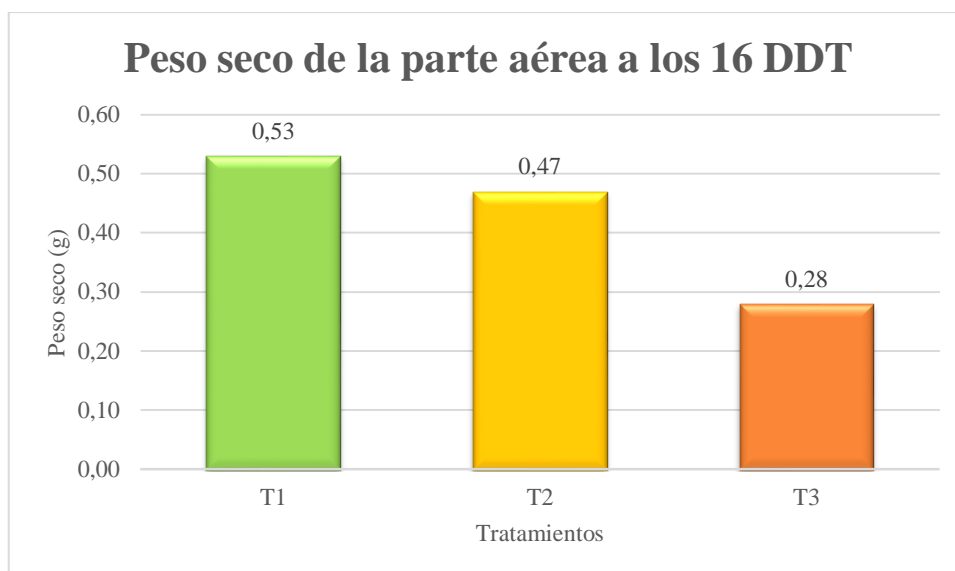
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 52, Gráfico 25) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 0,53 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 0,47 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 0,28 g.

Cuadro 52. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 16 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	0,53	A
DM	T2	0,47	B
DA	T3	0,28	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 25.** Peso seco de la parte aérea a los 16 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso seco de la parte aérea de 0,42 g, a los 16 DDT con una solución nutritiva que contenía 175 ppm de K, lo que fue superado en aproximadamente un 26 % con el tratamiento 1 (DB) y 12% con el tratamiento 2 (DM) ya que las dosis de potasio fueron mayores, y como ya ha sucedido en otros parámetros analizados el T3 (DA) a pesar de contener la mayor cantidad de K, es el que menor peso seco presentó siendo inferior en un 33%, lo que puede deberse a la sobresaturación de la solución nutritiva como se lo ha venido argumentando previamente.

2. Peso seco de la parte aérea a los 24 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,24 % (Cuadro 53).

Cuadro 53. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,35	0,04				
REPETICIONES	2	0,01	0,00	0,60	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,32	0,16	23,72	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,03	0,01				
CV	3,24						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

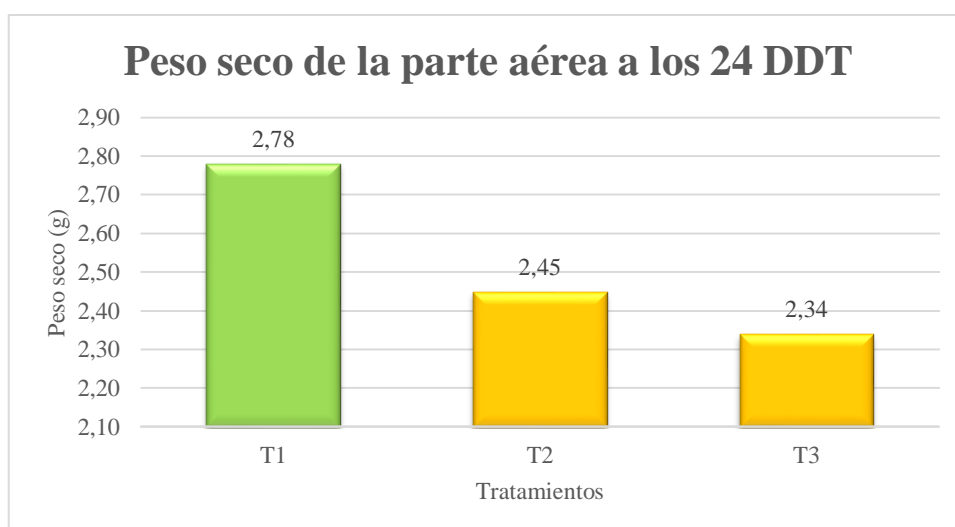
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5% (Cuadro 54, Gráfico 26) se determinó que existen 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 2,78 g; mientras que en el rango “B” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 2,45 g y el tratamiento 3 (DA) con 2,34 g.

Cuadro 54. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	2,78	A
DM	T2	2,45	B
DA	T3	2,34	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 26.** Peso seco de la parte aérea a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso seco de la parte aérea de 1,26 g a los 23 DDT con una solución nutritiva que contenía 175 ppm de K, en esta investigación se superó ese valor con todos los tratamientos a los 24 DDT, en aproximadamente un 121% con el tratamiento 1 (DB), 94 % con el tratamiento 2 (DM) y 86 % con el tratamiento 3 (DA), pues las dosis empleadas fueron mayores que la utilizada por este autor y además podría tener relación con lo manifestado por Kant & Kafafi (2001) que indican que la absorción de potasio precede generalmente a la producción de materia seca.

3. Peso seco de la parte aérea a los 32 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,49 % (Cuadro 55).

Cuadro 55. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	15,66	1,96				
REPETICIONES	2	0,16	0,08	1,69	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	15,31	7,66	161,95	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,19	0,05				
CV	3,49						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

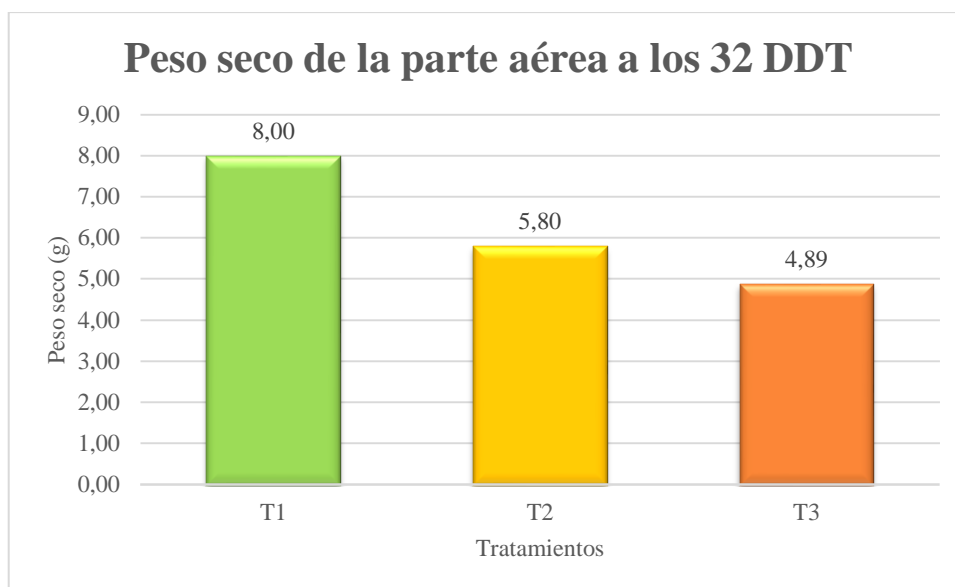
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 56, Gráfico 27) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 8,00 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento T2 (DM) con 5,80 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento T3 (DA) con 4,89 g.

Cuadro 56. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	8,00	A
DM	T2	5,80	B
DA	T3	4,89	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 27.** Peso seco de la parte aérea a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado previamente, obtuvo un peso seco de la parte aérea de 4,52 g a los 32 DDT, con una solución nutritiva que contenía 175 ppm de K, siendo este valor superado por todos los tratamientos en este estudio, en aproximadamente un 77% con el tratamiento 1 (DB), 28 % con el tratamiento 2 (DM) y 9 % con el tratamiento 3 (DA). Lo que además concuerda con lo manifestado por Martínez & Garcés (2010) que indican que la acumulación de materia seca se relaciona directamente con el suministro adecuado de K.

4. Peso seco de la parte aérea a los 40 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,40 % (Cuadro 57).

Cuadro 57. Análisis de varianza para el peso seco de la parte aérea a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	110,57	13,82				
REPETICIONES	2	0,18	0,09	0,70	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	109,87	54,93	424,81	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,52	0,13				
CV	3,40						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

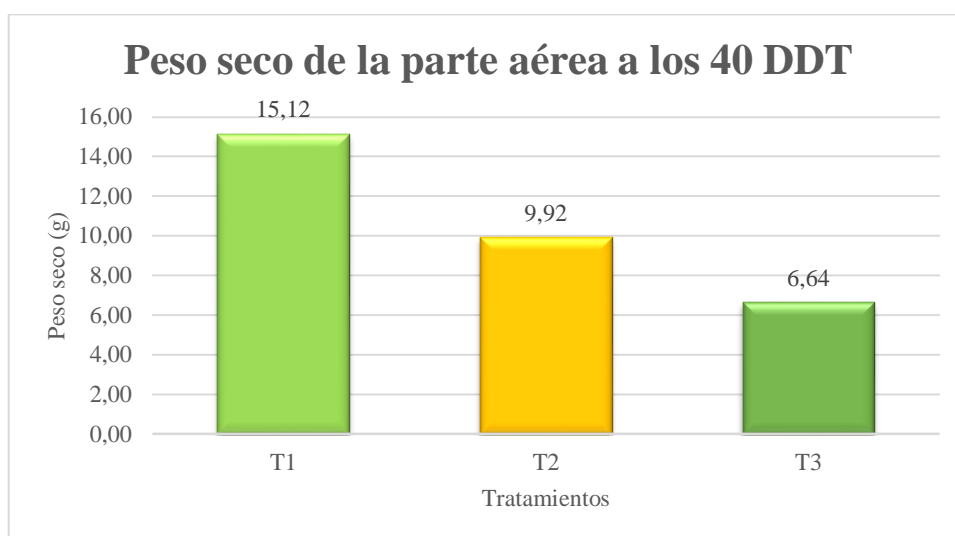
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 58, Gráfico 28) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento T1 (DB) con 15,12 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento T2 (DM) con 9,92 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento T3 (DA) con 6,64 g, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 58. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la parte aérea a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	15,12	A
DM	T2	9,92	B
DA	T3	6,64	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 28.** Peso seco de la parte aérea a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Gutiérrez (2011) en el trabajo mencionado anteriormente, obtuvo un peso seco de la parte aérea de 8,36 g a los 39 DDT con una solución que contenía 175 ppm de K, lo que pudo superarse en esta investigación a los 40 DDT, en aproximadamente un 81 % con el tratamiento 1 (DB) y 19 % con el tratamiento 2 (DM), pues como lo indican Martínez & Garcés (2010) la acumulación de materia seca se relaciona directamente con el suministro adecuado de K. En el caso del tratamiento 3 (DA) la presumible sobresaturación de la solución nutritiva conllevó a la obtención del menor peso seco, el cual fue inferior en un 21 % aproximadamente.

I. PESO SECO DE LA RAÍZ

1. Peso seco de la raíz a los 16 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 16 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,80 % (Cuadro 59).

Cuadro 59. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,00	0,00				
REPETICIONES	2	0,00	0,00	1,00	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,00	0,00	76,00	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,00	0,00				
CV	3,80						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

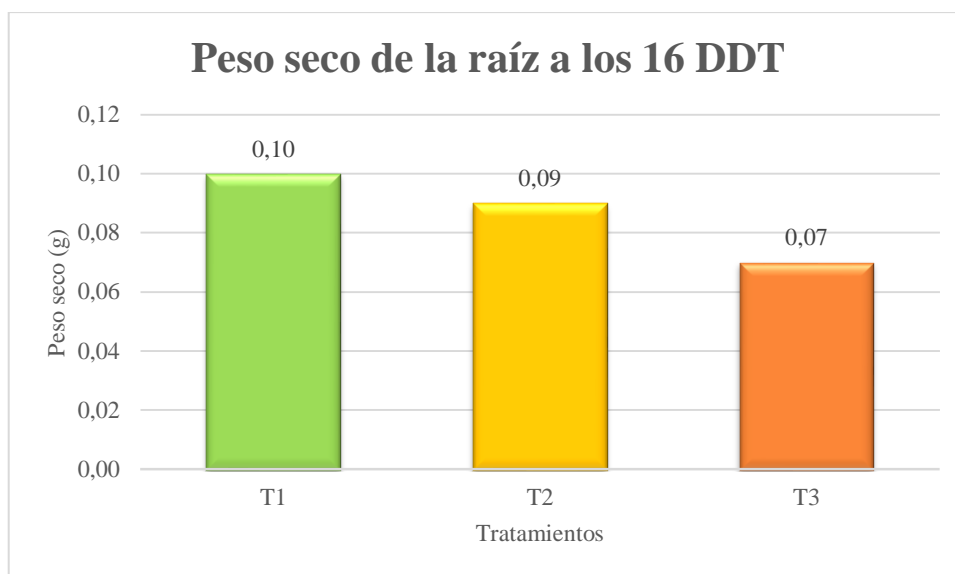
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 60, Gráfico 29) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 0,10 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 0,09 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 0,07 g.

Cuadro 60. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 16 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	0,10	A
DM	T2	0,09	B
DA	T3	0,07	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 29.** Peso seco de la raíz a los 16 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Martínez & Garcés (2010) manifiestan que la acumulación de materia seca se relaciona directamente con el suministro de K, en esta investigación se obtuvo un mayor peso seco de raíz con la dosis baja, lo que puede deberse a que el tratamiento 1 con 224,33 ppm de K, se encuentra dentro del rango óptimo de concentración de este elemento en la solución nutritiva de 150 a 400 ppm como lo indica Urrestarazu (2015).

2. Peso seco de la raíz a los 24 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 24 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4,01 % (Cuadro 61).

Cuadro 61. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,01	0,00				
REPETICIONES	2	0,00	0,00	0,81	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,01	0,01	29,69	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,00	0,00				
CV	4,01						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

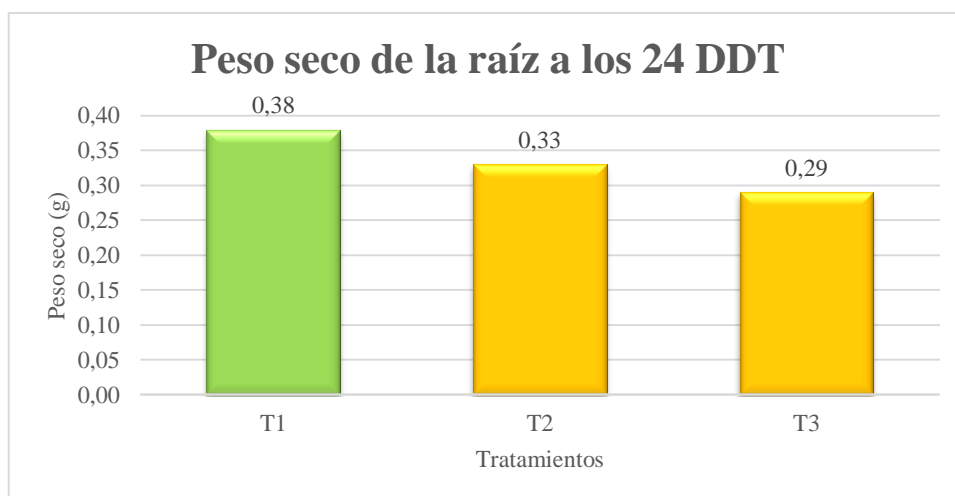
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 62, Gráfico 30) se presentaron 2 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 0,38 g; mientras que en el rango “B” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 0,33 g y el tratamiento 3 (DA) con 0,29 g.

Cuadro 62. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 24 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	0,38	A
DM	T2	0,33	B
DA	T3	0,29	B

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 30.** Peso seco de la raíz a los 24 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Los resultados de esta investigación demostraron que el mayor peso seco de la raíz a los 24 DDT se obtuvo con el tratamiento 1 (DB) siendo superior en aproximadamente un 15 % para el tratamiento 2 (DM) y 31 % para el tratamiento 3 (DA), lo que podría tener relación con lo manifestado por Urrestarazu (2015) quien indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva esta entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K, manteniéndose como la mejor dosis para la lechuga crespa.

3. Peso seco de la raíz a los 32 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 32 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,56 % (Cuadro 63).

Cuadro 63. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,38	0,05				
REPETICIONES	2	0,01	0,00	1,94	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,37	0,18	130,91	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,01	0,00				
CV	3,56						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 64, Gráfico 31) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 1,30 g: mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 1,05 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 0,80 g.

Cuadro 64. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 32 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	1,30	A
DM	T2	1,05	B
DA	T3	0,80	C

Fuente: Manzano, 2017

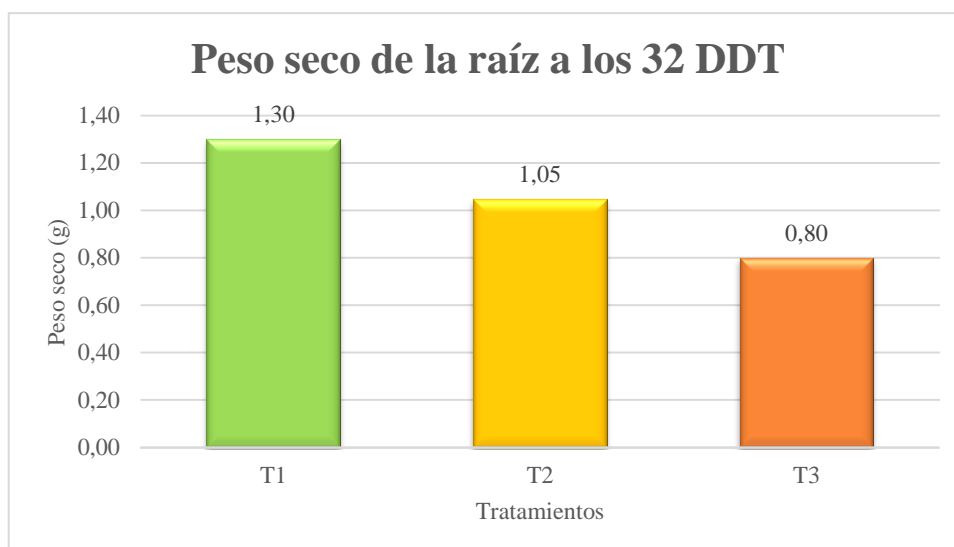


Gráfico 31. Peso seco de la raíz a los 32 DDT

Fuente: Manzano, 2017

A los 32 DDT también el mayor peso seco de la raíz se obtuvo con el tratamiento 1 (DB), siendo superior en aproximadamente un 24% para el tratamiento 2 (DM) y 63 % para el tratamiento 3 (DA), lo que podría tener relación con lo que manifiesta Urrestarazu (2015) quien indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva esta entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K.

4. Peso seco de la raíz a los 40 DDT

El análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 40 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 2,89 % (Cuadro 65).

Cuadro 65. Análisis de varianza para el peso seco de la raíz a los 40 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	2,11	0,26				
REPETICIONES	2	0,01	0,00	1,63	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	2,09	1,04	394,54	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,01	0,00				
CV	2,89						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 66, Gráfico 32) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor peso seco se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 2,42 g; mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 1,67 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 1,25 g, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Cuadro 66. Prueba de tukey al 5% para el peso seco de la raíz a los 40 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	2,42	A
DM	T2	1,67	B
DA	T3	1,25	C

Fuente: Manzano, 2017

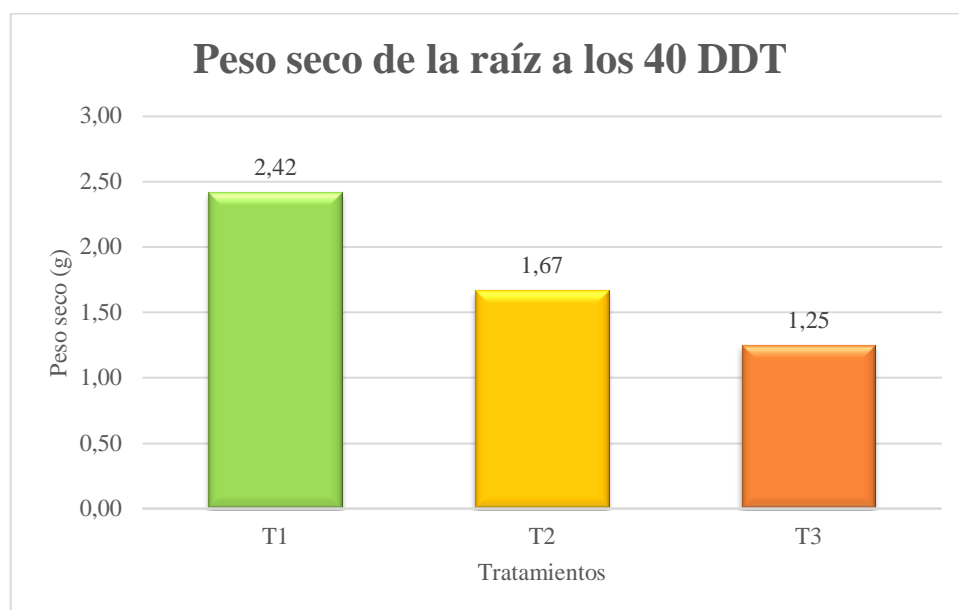


Gráfico 32. Peso seco de la raíz a los 40 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Martínez & Garcés (2010) en el trabajo mencionado anteriormente, determinaron que con 369 ppm de K se obtiene un peso seco de raíz de 2,18 g a los 61 DDT, en esta investigación se superó ese valor a los 40 DDT en aproximadamente un 11 % con el tratamiento 1 (DB), lo que demostraría la eficiencia de esta dosis frente a las otras dos.

J. DÍAS A LA COSECHA

Los resultados promedio obtenidos en todos los tratamientos para días a la cosecha, en el sistema NFT fueron de 42 DDT. Además Hydro Environment (2017) indica que la lechuga en condiciones hidropónicas alcanza su madurez a los 45 DDT.

K. RENDIMIENTO POR PARCELA NETA Y POR HECTÁREA

1. Rendimiento por parcela neta

El análisis de varianza para el rendimiento por parcela neta en kilos a los 42 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,73 % (Cuadro 67).

Cuadro 67. Análisis de varianza para el rendimiento por parcela neta en kilos a los 42 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	1,17	0,15				
REPETICIONES	2	0,00	0,00	0,02	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	1,15	0,58	156,38	6,94	18,00	**
ERROR	4	0,01	0,00				
CV	3,73						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 68, Gráfico 33) se determinó que existen 3 rangos: en el rango “A” con el mayor rendimiento se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 2,04 kilos: mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 1,66 kilos y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 1,17 kilos.

Cuadro 68. Prueba de tukey al 5% para el rendimiento/parcela neta en kilos a los 42 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	2,04	A
DM	T2	1,66	B
DA	T3	1,17	C

Fuente: Manzano, 2017

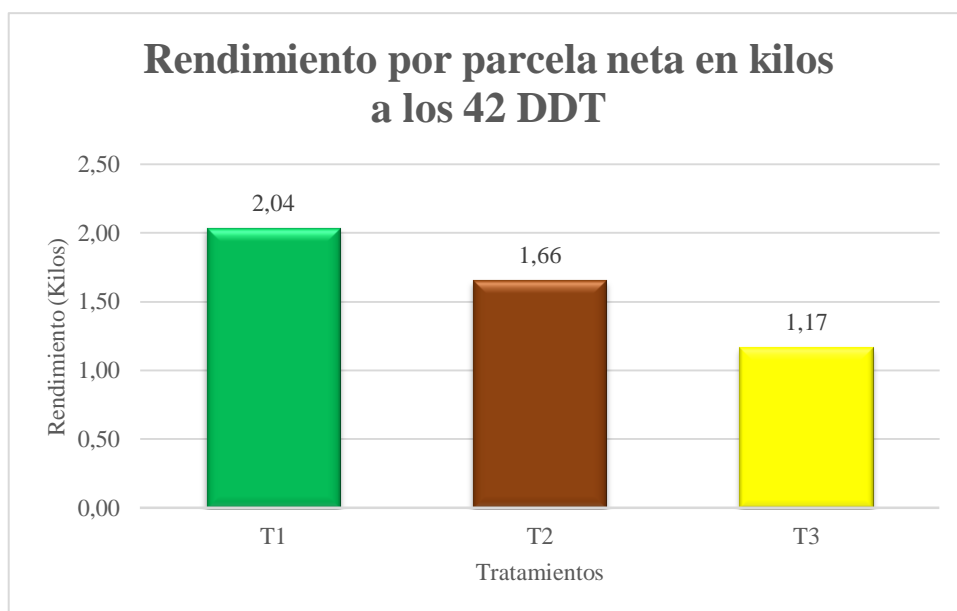


Gráfico 33. Rendimiento por parcela neta en kilos a los 42 DDT

Fuente: Manzano, 2017

2. Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza para el rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT demostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,73 % (Cuadro 69).

Cuadro 69. Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	65604537,50	8200567,19				
REPETICIONES	2	9193,63	4596,81	0,02	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	64767023,38	32383511,69	156,38	6,94	18,00	**
ERROR	4	828320,50	207080,13				
CV	3,73						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

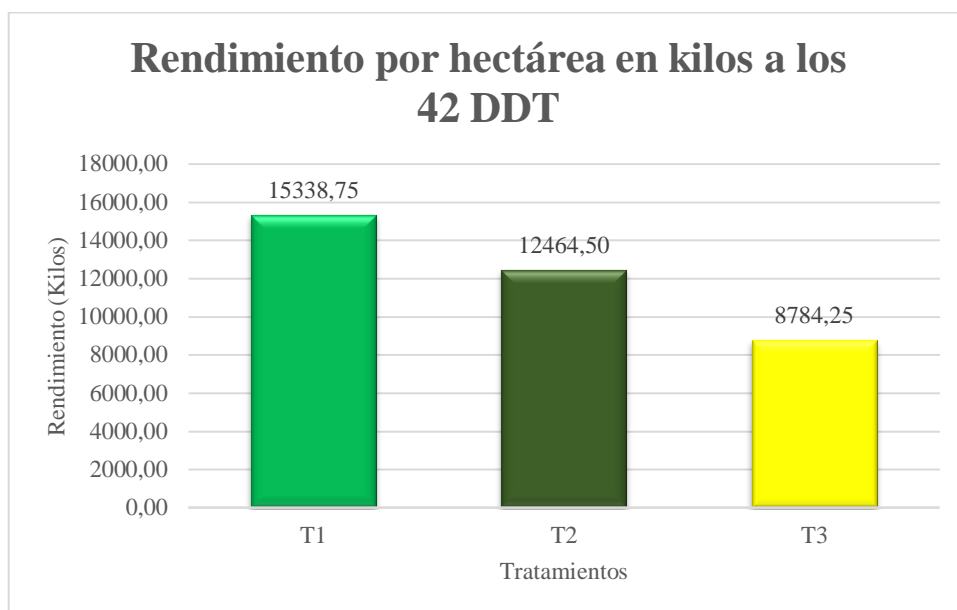
** : Altamente significativo

Mediante la prueba de tukey al 5 % (Cuadro 70, Gráfico 34) se presentaron 3 rangos: en el rango “A” con el mayor rendimiento se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 15338,75 kilos: mientras que en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 12464,50 kilos y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 8784,25 kilos.

Cuadro 70. Prueba de tukey al 5% para el rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT

TRATAMIENTO	CÓDIGO	MEDIA	RANGO
DB	T1	15338,75	A
DM	T2	12464,50	B
DA	T3	8784,25	C

Fuente: Manzano, 2017

**Gráfico 34.** Rendimiento por hectárea en kilos a los 42 DDT

Fuente: Manzano, 2017

Jiménez (2017) en el trabajo mencionado anteriormente, determinó que el rendimiento de la lechuga cresa en campo es de 10490 kg/ha, lo que se pudo superar en condiciones hidropónicas con el tratamiento 1 (DB) en aproximadamente un 46%, además de la obtención de plantas más grandes y con más hojas, y también con el tratamiento 2 (DM) que se sitúa como un rendimiento promisorio siendo superior en aproximadamente un 19%, e inclusive con el tratamiento 3 (DA) a pesar de presentar un desarrollo menor en las plantas se acerca mucho a lo obtenido en el campo siendo ligeramente inferior en un 16% aproximadamente.

L. ANÁLISIS ECONÓMICO

Como se puede apreciar en el Cuadro 71, con el tratamiento 1 (DB) se obtuvo el mayor beneficio costo, con un valor de 4,63 dólares, lo que equivale al 362,75 % de rentabilidad. Por el contrario con el tratamiento 3 (DA) se obtuvo el menor beneficio costo con 1,66 dólares, lo que equivale al 65,76 % de rentabilidad.

Cuadro 71. Análisis económico según la relación beneficio costo

Tratamientos	B/C	Rentabilidad (%)
T1 (DB)	4,63	362,75
T2 (DM)	2,83	182,61
T3 (DA)	1,66	65,76

Fuente: Manzano, 2017

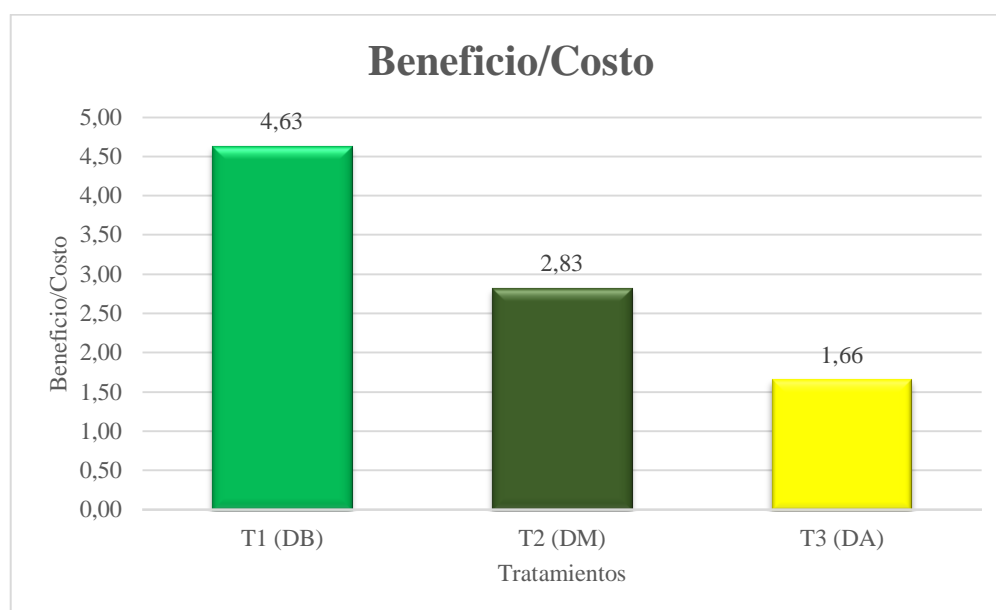


Gráfico 35. Relación Beneficio/Costo

Fuente: Manzano, 2017

VIII. CONCLUSIONES

- A. El tratamiento 1 en porcentaje de prendimiento (100%), número de hojas (16,67), altura de planta (19,61 cm), longitud de raíz (36,40 cm), pesos frescos y secos de la parte aérea y raíz (193,01; 36,65; 15,12 y 2,42 g respectivamente), contenido de potasio en hojas y raíz (5 y 3,6 % del potasio total), obtuvo los valores más altos, a excepción del contenido de potasio en hojas y raíz que fue superado por el tratamiento 2 (5,13 y 6,00 % de potasio total) y el tratamiento 3 (3,93 y 5,10 % de potasio total) a los 40DDT.
- B. El mayor rendimiento (15338,75 kg/ha) se obtuvo con la aplicación de una solución nutritiva que contenía 224,33 ppm de K y que correspondía al tratamiento 1 (Dosis Baja), y el menor rendimiento (8784,25 kg/ha) se obtuvo con la aplicación de una solución nutritiva que contenía 716,67 ppm de K y que correspondía al tratamiento 3 (Dosis Alta).
- C. El mayor beneficio costo con un valor de 4,63 dólares equivalente a 362,75 %, se obtuvo con la aplicación de una solución nutritiva que contenía 224,33 ppm de K, correspondiente al tratamiento 1 (Dosis Baja), en tanto que con la aplicación de una solución nutritiva que contenía 716,67 ppm de K y que correspondía al tratamiento 3 (Dosis Alta), se obtuvo el menor beneficio costo con 1,66 dólares lo que equivale a 65,76 %.

IX. RECOMENDACIONES

- A. Desde el punto de vista agronómico y económico para la producción de lechuga bajo condiciones hidropónicas con aguas duras, se recomienda aplicar la dosis de 224,33 ppm de potasio en la solución nutritiva, por posibilitar el mejor desarrollo de las plantas y la mayor rentabilidad.

- B. Realizar un estudio sobre la duración en pos cosecha de las lechugas producidas bajo el sistema hidropónico.

- C. Determinar la dosis óptima de calcio para la lechuga producida bajo condiciones hidropónicas, por el antagonismo que podría presentarse entre este elemento y el potasio.

X. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres dosis de potasio en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. crispa, bajo el sistema hidropónico en el invernadero del área experimental del departamento de horticultura de la ESPOCH; se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones; las dosis evaluadas fueron: dosis baja (DB) con 224,33 ppm, dosis media (DM) con 470 ppm y dosis alta (DA) con 716,67 ppm. Se evaluó parámetros como: porcentaje de prendimiento, número de hojas, altura de planta, longitud de raíz, pesos frescos y secos de la parte aérea y raíz, contenido de potasio en hojas y raíz, días a la cosecha, rendimiento por parcela neta y hectárea y se realizó el análisis económico según la relación beneficio costo. En todos los tratamientos en estudio se obtuvo el 100 % de prendimiento, no obstante los mejores resultados para la mayoría de los demás parámetros evaluados en todas las fechas de evaluación se obtuvieron con la dosis baja (DB) con 16,67 hojas, altura de planta de 19,61 cm, longitud de raíz de 36,40 cm, pesos frescos y secos de la parte aérea y raíz de 193,01; 36,65; 15,12 y 2,42 g respectivamente, rendimiento por parcela neta de 2,04 kilos y por hectárea de 15338,75 kilos, y el mayor beneficio costo con 4,63 dólares equivalente a 362,75 %. Mientras que el mayor contenido de potasio en hojas y raíz a los 40 DDT se obtuvo con la dosis media (DM) con 5,13 y 6,00 % de potasio total, respectivamente. La madurez comercial fue de 42 DDT para todos los tratamientos, manteniendo la turgencia en las plantas durante todo el ciclo. Desde el punto de vista agronómico y económico se recomienda emplear una solución nutritiva que contenga 224,33 ppm de potasio.

Palabras clave: POTASIO - SISTEMA HIDROPÓNICO - TURGENCIA.

Por: Juan Manzano



XI. SUMMARY

The present investigation proposes: to evaluate three doses of potassium in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) var. *crispa*, under the hydroponic system in the greenhouse of the experimental area of the department of horticulture of the ESPOCH; a completely randomized block design was used with three treatments and three repetitions; the doses evaluated were: low dose (DB) with 224,33 ppm, medium dose (DM) with 470 ppm and high dose (DA) with 716,67 ppm. Parameters were evaluated such as: percentage of capture, number of leaves, height of the plant, root length, fresh and dry weights of the aerial part and root, potassium content in leaves and root, days to harvest, yield per net plot and hectare and the economic analysis was carried out according to the relation benefit/cost. In all the treatments under study, 100% of the capture was obtained, however, the best results for most of the other parameters evaluated in all the evaluation dates were obtained with the low dose (DB) with 16,67 leaves, height of the plant of 19,61 cm of root length of 36,40 cm, fresh and dry weights of the aerial part and root of 193,01; 36,65; 15,12 and 2,42 g respectively; yield per net plot of 2,04 kilos and per hectare of 15338,75 kilos, and the highest cost benefit with 4,63 dollars equivalent to 362,75 %. While the highest content of potassium in leaves and root to DDT was obtained with the average dose (DM) with 5,13 and 6,00 % of total potassium, respectively. The commercial maturity was 42 DDT for all the treatments, maintaining turgor in the plants throughout the cycle. From the agronomic and economic point of view it is recommended to use a nutritive solution containing 224,33 ppm of potassium.

Keywords: <POTASSIUM>, <HYDROPONIC SYSTEM>, <TURGENCE>



XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agro Global. (2007). *Pova lechuga crespa verde*. Recuperado el 23 de 09 de 2017, de http://www.agroglobal.com.co/nueva/pagina.php?p_a=52
2. AMC Chemical. (2017). *Línea nutricional*. Recuperado el 24 de 08 de 2017, de <https://www.amcchemical.com/productos/correctores-de-carencias>
3. Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires - Argentina: Edulp. Recuperado el 22 de 09 de 2017, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1
4. Bloodnick, E. (2017). *Rol del potasio en el cultivo de plantas*. Recuperado el 26 de 11 de 2017, de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
5. Briones, W., De la A, T., & Mejía, M. (2005). *Producción y exportación de lechugas hidropónicas al mercado alemán*. Recuperado el 10 de 09 de 2017, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1428/1/2811.pdf>
6. Cajo, A. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Recuperado el 25 de 11 de 2017, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>
7. Calderón, J. (2013). *Comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.), sembradas mediante sistema hidropónico utilizando tres dosis de biol en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Recuperado el 21 de 10 de 2017, de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/277/8/T-UTB-FACIAG-AGR-000066.02.pdf>

8. Carrasco, G., & Sandoval, C. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Madrid - España: Mundi-Prensa. Recuperado el 17 de 09 de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=t0sPDQAAQBAJ&pg=PA46&dq=#v=onepage&q&f=false>
9. Casaca, Á. (2005). *El cultivo de la lechuga (Lactuca sativa)*. Recuperado el 20 de 09 de 2017, de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2792/lechuga.pdf>
10. Castellanos, J. (1999). *Manual de fertilización*. Recuperado el 21 de 11 de 2017, de https://www.intagri.com/public_files/Manual%20de%20fertilizacion.pdf
11. Compass Mineral. (2017). *Protassium+ The Importance of K*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <http://www.protassiumplus.com/lettuce>
12. Conabio. (2002). *Lactuca sativa. Información Taxonómica*. Recuperado el 15 de 08 de 2017, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21940_sg7.pdf
13. Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). *Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos*. RIA, 42(3),258-282. Recuperado el 25 de 11 de 2017, de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n3/v42n3a07.pdf>
14. Estación Meteorológica. (2017). *Datos meteorológicos*. Riobamba -Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
15. Giaconi, V., & Escaff, M. (2004). *Cultivo de hortalizas. Lechuga (15ª ed.)*. Santiago - Chile : Universitaria. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=-K9xgvfdGGYC&pg=PA218&dq=#v=onepage&q&f=false>
16. González, M. (2014). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa)*. Recuperado el 21 de 09 de 2017, de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/08/Lechuga-Quilama pu.pdf>

17. Grupo Xaxeni. (2017). *Invernaderos. Control ambiental*. Recuperado el 27 de 08 de 2017, de https://www.cosechandonatural.com.mx/control_ambiental_articulo_23.html
18. Gutiérrez, J. (2011). *Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Recuperado el 24 de 11 de 2017, de <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2011120908126441.pdf>
19. Gutiérrez, M. (2002). *Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas*. Recuperado el 26 de 11 de 2017, de <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia02.pdf>
20. Gutiérrez, M. (2010). *El cultivo de la lechuga en Cantabria*. (G. d. Cantabria, Ed.) Cantabria - España : Artes Gráficas J. Martínez, S.L. Recuperado el 19 de 09 de 2017, de <http://www.cifacantabria.org/Documentos/Librillo%20lechuga%20baja.pdf>
21. Hernández, J., Barbazán, M., & Perdomo, C. (2010). *Potasio*. Recuperado el 22 de 08 de 2017, de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>
22. Hopkins, W., & Hüner, N. (2009). *Introduction to plant physiology* (4^a ed.). United States of America: Wiley. Recuperado el 22 de 09 de 2017
23. Hydro Environment. (2017). *¿Qué es el sistema NFT?* Recuperado el 23 de 09 de 2017, de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101&chapter=9
24. Hydro Environment. (2017). *Guía para el cultivo de lechuga*. Recuperado el 14 de 09 de 2017, de http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=292

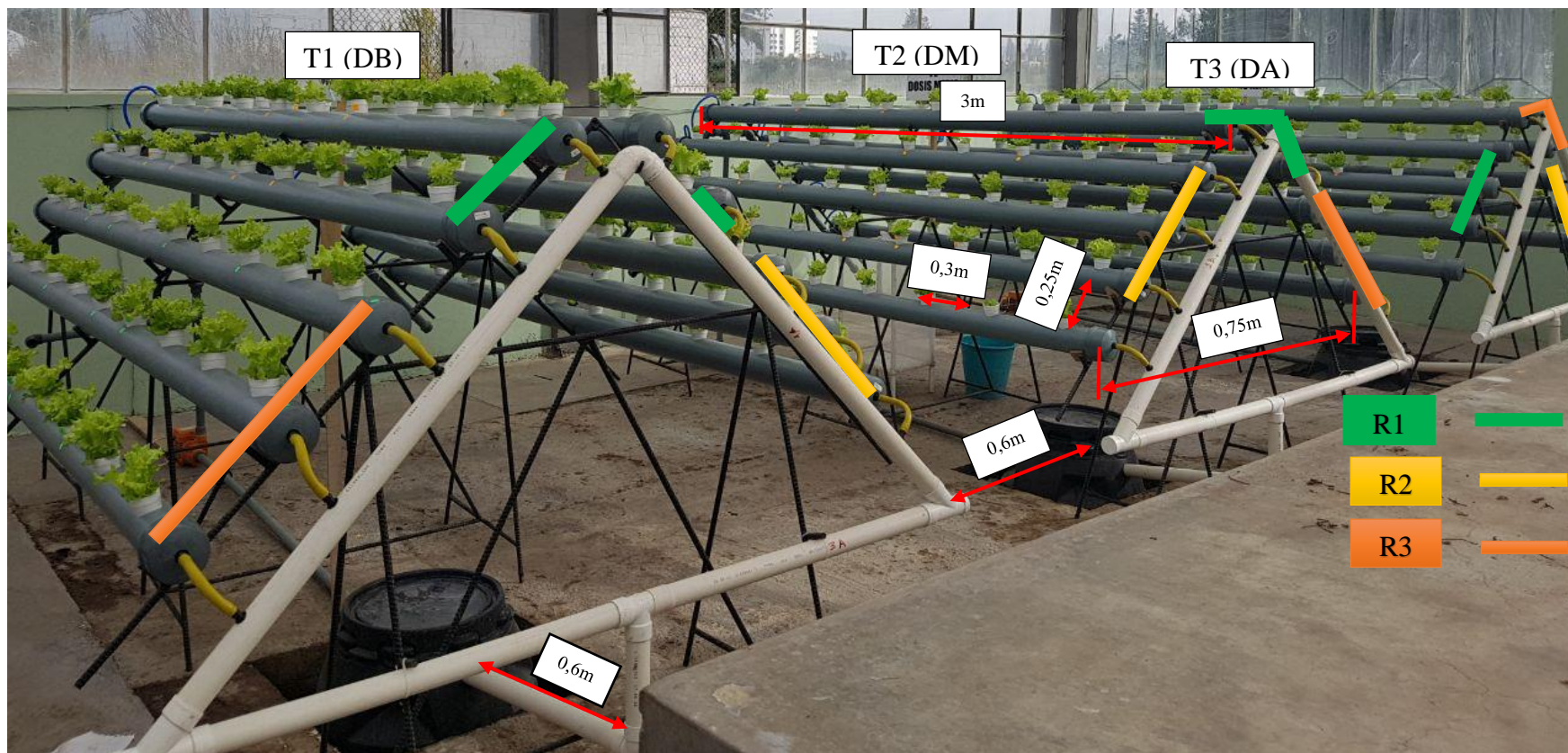
25. Intagri. (2015). *Producción de hortalizas en sistema hidropónico NFT*. Recuperado el 21 de 09 de 2017, de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-hortalizas-en-sistemas-hidroponicos>
26. Intagri. (2017). *Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal*. Recuperado el 12 de 09 de 2017, de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>
27. Inthichack, P., Nishimura, Y., & Fukumoto, Y. (2012). *Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53(2),135–142. Recuperado el 25 de 11 de 2017, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-012-0126-z>
28. Jiménez, G. (2017). *Aplicación de paquetes tecnológicos para la producción de lechuga crespa de hoja (Lactuca sativa L.)*. (Tesis de grado. Ingeniera Agrónoma). Recuperado el 15 de 11 de 2011, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25879/1/Tesis-161%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20489.pdf>
29. Kaiser, D., Rosen, C., & Lamb, J. (2016). *Potassium for crop production*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/potassium/potassium-for-crop-production/docs/potassium-for-crop-production.pdf>
30. Kant , S., & Kafkafi, U. (2001). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. Recuperado el 22 de 11 de 2017, de <https://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>
31. Koetz, M., Coelho, G., Da Costa, C., Lima, E., & De Souza, R. (2006). *Effect of potassium doses and irrigation frequency in the production of the american lettuce in greenhouse condition*. *SCIELO*, 26(3),730-737. Recuperado el 25 de 09 de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n3/09>

32. Lema, D. (2017). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (lactuca sativa l.) var. crispera, en invernadero, departamento de horticultura, cantón riobamba, provincia de chimborazo*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Riobamba.
33. Martínez, F., & Garcés, G. (2010). *Crecimiento y producción de lechuga (Lactuca sativa L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 4(2),185-198. Recuperado el 21 de 09 de 2017, de <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol4/vol.4%20no.2/Vol.4No.2.Art5.pdf>
34. Matts, I. (2015). *The role of potash in plants*. Recuperado el 26 de 11 de 2017, de <https://www.pda.org.uk/the-role-of-potash-in-plants/>
35. Melgar, R., Magen, H., & Imas, P. (2015). *El rol del potasio en la producción agrícola*. Recuperado el 25 de 11 de 2017, de http://www.fertilizando.com/articulos/melgar_magen_imas-rol-potasio-en-produccion-agricola.pdf
36. Moreno, A. (2007). *Elementos nutritivos. Asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos*. Torreón, Coahuila de Zaragoza - México: Libros en red. Recuperado el 13 de 08 de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=KAqX9kMkCyEC&pg=PA18&dq=#v=onepage&q&f=false>
37. 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 de grado. Ingeniero Agrónomo). Recuperado el 22 de 11 de 2017, <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6955/T-2152.pdf?sequence=1>
38. Silva, M. (2016). *La lechuga hidropónica se obtiene en Latacunga*. Recuperado el 16 de 09 de 2017, de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/la-lechuga-hidroponica-se-obtiene-en-latacunga>

39. Solagro. (2014). *Lechuga*. Recuperado el 22 de 09 de 2017, de <http://www.solagro.com.ec/es/cultivos-2/item/lechuga.html>
40. Sosa, A., Ruíz, G., Padilla, J., Etchevers, J., Castellanos, J., & Robles, R. (2017). *Curvas de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (Lactuca sativa L.) cv. coolward cultivada en invernadero en México*. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 25,23-28. Recuperado el 24 de 11 de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/315380889_Curvas_de_acumulacion_de_nitrogeno_fosforo_y_potasio_en_lechuga_Lactuca_sativa_L_cv_Coolward_cultivada_en_invernadero_en_Mexico
41. Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (3ª ed., Vol. I). Los Ángeles, Estados Unidos: Universitat. Recuperado el 25 de 08 de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=7QIbYg-OC5AC&pg=PA133#v=onepage&q&f=false>
42. Urey, G. (2007). *Evaluación de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa) en el sistema hidropónico recirculante "NFT"*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Recuperado el 20 de 11 de 2017, de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6955/T-2152.pdf?sequen ce=1>
43. Urrestarazu, M. (2015). *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*. Madrid - España : Mundi-Prensa. Recuperado el 21 de 09 de 2017
44. VALVERDE, J. (2013). *Establecimiento de curvas de absorción para dos tipos de lechuga bajo el sistema hidropónico de NFT modificado*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo) Recuperado el 24 de 11 de 2017, de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2504/1/36370.pdf>

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Esquema de distribución del ensayo.



Fuente: Manzano, 2017

Anexo 2. Consumo de agua en cada tratamiento para cada fecha de evaluación

Tratamientos	Litros de agua consumidos					
	0-8DDT	8-16 DDT	16-24 DDT	24 - 32 DDT	32- 40 DDT	Total
T1 (DB)	5,00	10,00	26,00	38,00	77,00	156,00
T2 (DM)	5,00	10,00	25,00	23,00	57,00	120,00
T3 (DA)	5,00	10,00	20,50	15,00	25,00	75,50

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 3. Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento durante el período de prendimiento (0 a 8DDT)

Tratamientos	pH	CE (dS/m)	T (°C)
T1 (DB)	6,31	1,21	22,70
T2 (DM)	6,51	1,23	24,70
T3 (DA)	6,72	1,22	24,80

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 4. Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 8 a 16 DDT

Tratamientos	pH	CE (dS/m)	T (°C)
T1 (DB)	6,94	1,37	22,31
T2 (DM)	5,80	1,40	22,34
T3 (DA)	5,34	1,21	22,50

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 5. Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 16 a 24 DDT

Tratamientos	pH	CE (dS/m)	T (°C)
T1 (DB)	6,26	1,41	20,56
T2 (DM)	5,28	1,57	20,41
T3 (DA)	5,35	1,66	20,91

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 6. Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 24 a 32 DDT

Tratamientos	pH	CE (dS/m)	T (°C)
T1 (DB)	6,11	1,38	20,45
T2 (DM)	6,93	1,56	20,73
T3 (DA)	6,47	1,63	20,91

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 7. Datos promedio de la Solución Nutritiva en cada tratamiento entre 32 a 40 DDT

Tratamientos	pH	CE (dS/m)	T (°C)
T1 (DB)	7,29	1,64	20,40
T2 (DM)	6,98	1,69	20,11
T3 (DA)	6,56	1,76	21,31

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 8. Análisis de varianza para el número de hojas a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	1,34	0,17				
REPETICIONES	2	0,18	0,09	1,04	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,83	0,41	4,91	6,94	18,00	ns
ERROR	4	0,34	0,08				
CV	4,88						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

Anexo 9. Análisis de varianza para el número de hojas a los 24 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	2,46	0,31				
REPETICIONES	2	0,18	0,09	0,58	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	1,68	0,84	5,57	6,94	18,00	ns
ERROR	4	0,60	0,15				
CV	4,50						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

Anexo 10. Análisis de varianza para la altura de planta a los 16 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	2,96	0,37				
REPETICIONES	2	0,02	0,01	0,03	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	1,44	0,72	1,92	6,94	18,00	ns
ERROR	4	1,50	0,38				
CV	5,53						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

Anexo 11. Análisis de varianza para el porcentaje de potasio total en raíz a los 32 DDT

F de V	gl	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0,05	0,01	
TOTAL	8	0,29	0,04				
REPETICIONES	2	0,11	0,05	2,23	6,94	18,00	ns
TRATAMIENTOS	2	0,08	0,04	1,68	6,94	18,00	ns
ERROR	4	0,10	0,02				
CV	6,23						

Fuente: Manzano, 2017

ns: No significativo

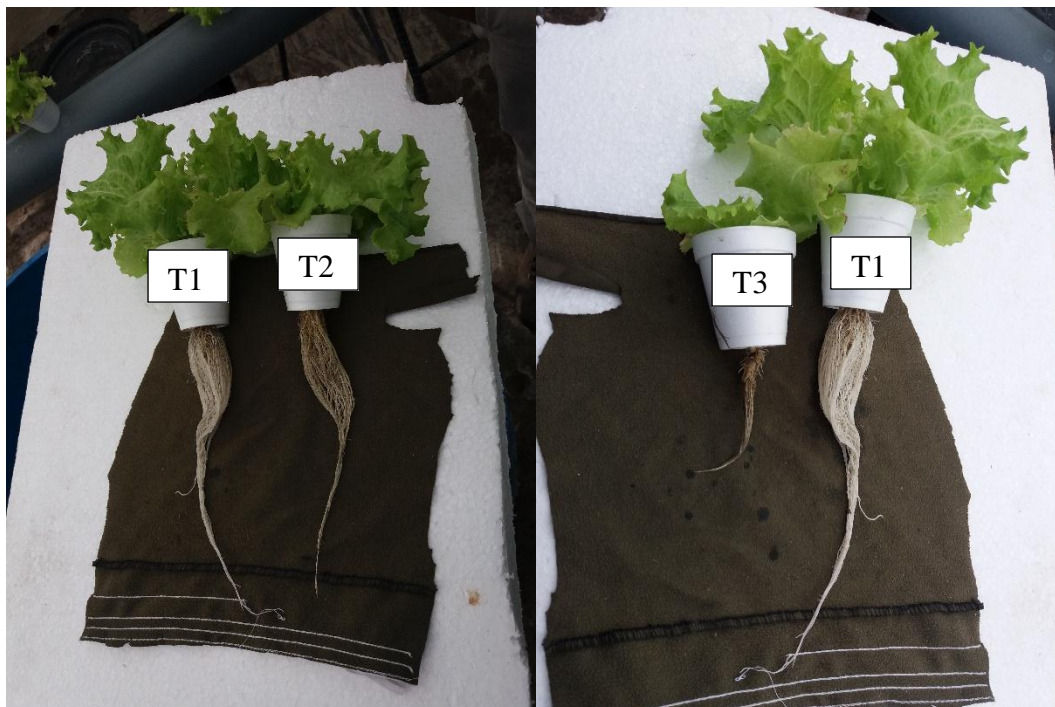
Anexo 12. Evaluación del prendimiento a los 8 DDT

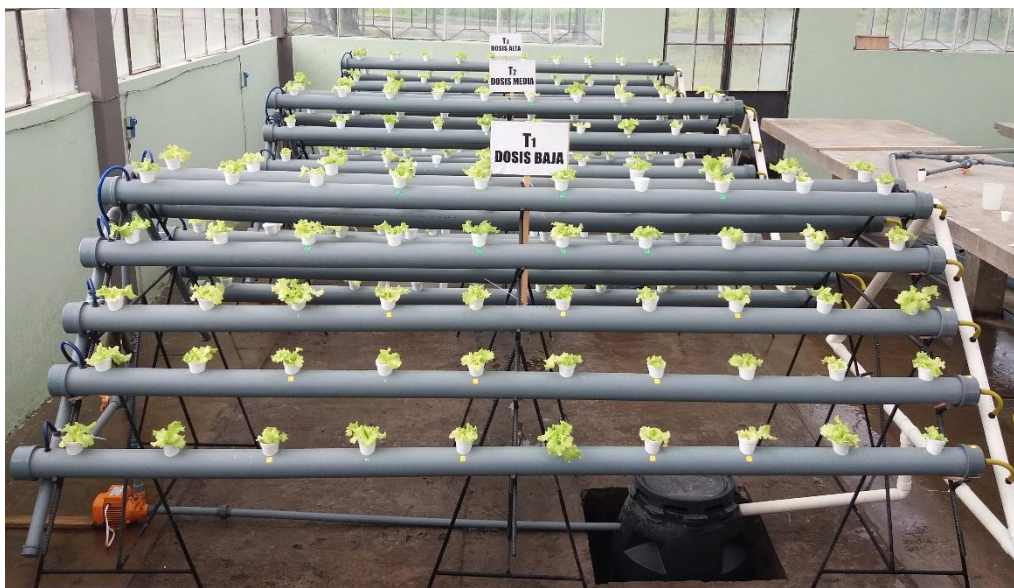
Anexo 13. Formulación de la solución nutritiva y las dosis a evaluar**Anexo 14.** Medición del pH y CE y registro de temperatura y humedad en el invernadero

Anexo 15. Registro de pesos frescos y secos de la planta y raíz



Anexo 16. Comparación del desarrollo radicular entre plantas del T1, T2 y T3 a los 24 DDT



Anexo 17. Medición de la altura de planta y la longitud de raíz**Anexo 18. Ensayo a los 16 DDT**

Anexo 19. Ensayo a los 24 DDT**Anexo 20. Ensayo a los 32 DDT**

Anexo 21. Ensayo a los 40 DDT**Anexo 22. Cosecha a los 42 DDT**

Anexo 23. Resultados de laboratorio sobre el contenido de potasio en hojas y raíz a los 24, 32 y 40 DDT



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS

Nombre del Propietario: JUAN MANZANO

Fecha de ingreso: 03/07/2017
 Fecha de salida: 18/08/2017

Ubicación: OLERICULTURA
 Nombre de la granja

LICAN Parroquia
 RIOBAMBA Cantón
 CHIMBORAZO Provincia

INVESTIGACIÓN "EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. Crispa BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO"

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS QUIMICO EN RAÍCES Y HOJAS DE LECHUGA

MUESTRO 1	MUESTRO 2			MUESTRO 3			POTASIO TOTAL %		
	DBR 1 RAICES	DBR 2 RAICES	DBR 3 RAICES	DMR 1 RAICES	DMR 2 RAICES	DMR 3 RAICES	MUESTRO 1	MUESTRO 2	MUESTRO 3
DBR 1,2,3 RAICES	3,6	2,6	1,5	2,2	2,2	2,2	3,6	2,6	1,5
	3,6	2,5	1,4	2,2	2,2	2,2	3,6	2,5	1,4
	3,6	2,8	1,6	2,2	2,2	2,2	3,6	2,8	1,6
DMR 1,2,3 RAICES	2,2	2,6	5,9	0,9	2,3	5,2	2,2	2,6	5,9
	2,2	2,4	6,0	0,9	2,5	5,0	2,2	2,4	6,0
DAR 1,2,3 RAICES	0,9	2,3	5,2	0,9	2,5	5,0	0,9	2,3	5,2
	0,9	2,5	5,0	0,9	2,7	5,1	0,9	2,5	5,0
	0,9	2,7	5,1	0,9	2,7	5,1	0,9	2,7	5,1
DBR 1 HOJAS	5,2	5,0	3,3	5,2	5,0	3,3	5,2	5,0	3,3
DBR 2 HOJAS	5,6	5,2	3,4	5,6	5,2	3,4	5,6	5,2	3,4
DBR 3 HOJAS	5,4	4,8	3,1	5,4	4,8	3,1	5,4	4,8	3,1
DMR 1 HOJAS	3,7	4,5	5,3	3,7	4,5	5,3	3,7	4,5	5,3
DMR 2 HOJAS	3,8	4,4	5,1	3,8	4,4	5,1	3,8	4,4	5,1
DMR 3 HOJAS	3,6	4,9	5,0	3,6	4,9	5,0	3,6	4,9	5,0
DAR 1 HOJAS	2,9	2,7	3,9	2,9	2,7	3,9	2,9	2,7	3,9
DAR 2 HOJAS	3,1	2,5	4,1	3,1	2,5	4,1	3,1	2,5	4,1
DAR 3 HOJAS	2,8	2,6	3,8	2,8	2,6	3,8	2,8	2,6	3,8

Juan Manzano
 Ing. José Aycoos T.
 JEFE LAB. DE SUELOS



Elizabeth Pachacama
 Ing. Elizabeth Pachacama
 TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana sur km 34, Espejo, Provincia de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418

"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

Anexo 24. Presupuesto general de la investigación.

RUBRO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Materiales de construcción de los módulos				
Varilla 14 mm	qq	10	12,50	125,00
Tubería				
Tubos de 90 mm	m	15	13,75	206,25
Tubos de 50 mm	m	3	2,68	8,04
Tubos de 40 mm	m	2	13,51	27,02
Tubos de 32 mm	m	3	4,14	12,42
Tapones				
Tapón 90 mm	mm	60	3,10	186,00
Tapón 40 mm	mm	6	0,52	3,12
Codos				
Codo 50 mm	mm	6	0,46	2,76
Codo 40*45 mm	mm	6	0,75	4,50
Codos 32 mm	mm	6	0,96	5,76
Yee				
Yee 50 mm	mm	6	0,69	4,14
Tee				
Tee 50 mm	mm	3	0,54	1,62
Tee 40 mm	mm	3	1,42	4,26
Tee 32 mm	mm	3	1,30	3,90
Universales				
Universales 32 mm	mm	12	1,40	16,80
Válvulas				
Válvulas 32 mm	mm	6	4,45	26,70
Mangueras				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	9	0,55	4,95
Manguera de Gas 12 mm	m	9	0,50	4,50
Conectores				
Conector inicial 16 mm	mm	60	0,14	8,40
Conectores 12 mm	mm	30	0,25	7,50
Empaques				
Empaques 12 mm	mm	120	0,15	18,00
Adaptadores				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	32 mm*1"	3	0,48	1,44
Adaptador M pvc presión Pega/rosca	32 mm*1"	6	0,27	1,62
Neplo c/cint ex c/red monocapa	1"*3/4	3	0,63	1,89
Válvula de retención "RE-GE" NPT	3/4"	3	50,55	151,66
Filtro de retención NPT	3/4"	3	0,68	2,03
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	3	65,00	195,00
Materiales para el control del Temporizador electrónico digital				
Temporizador electrónico digital	#	1	150,00	150,00
Rele	#	1	10,00	10,00

Contactador	#	1	30,00	30,00
Otros Materiales				
Otros	#			591,56
Vasos Térmicos 2.5 Onzas	#	300	0,02	6,90
Termo-hidrómetro	#	1	33,00	33,00
Tanques 220 L	L	3	40,00	120,00
Buje 40*32 mm	mm	3	0,20	0,60
Pega (705 PVC)	L	1	21,21	21,21
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1	11,49	11,49
Breaker	#	2	4,21	8,42
Cable sólido N° 10	m	50	0,60	30,00
Maestro albañil	Jornal	1	30,00	30,00
Mano de Obra construcción caballete	Jornal	1	90,00	90,00
SUBTOTAL				2168,46
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	L	0,02	50,00	0,78
Agronutri K plus	L	0,42	14,96	6,33
10-52-10 + micros	Kilos	0,03	8,15	0,21
Nitroplus	Kilos	0,01	6,55	0,09
Sulfato de Magnesio	Kilos	0,02	0,70	0,02
SUBTOTAL				7,42
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	300,00	0,008	2,40
SUBTOTAL				2,40
Mano de obra (Trasplante-Cosecha)				
Mano de obra	Jornal	42,00	13,5	567,00
SUBTOTAL				567,00
Cosecha				
Fundas transparentes	#	300,00	0,01	3,60
SUBTOTAL				3,60
Análisis de laboratorio				
Análisis de K en raíz y hojas	#	54,00	5,00	270,00
SUBTOTAL				270,00
TOTAL				3018,88
Imprevistos 10%				301,89
GRAN TOTAL				3320,77

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 25. Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años - T1 (DB)

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Materiales de construcción para los módulos				
Varilla 14 mm	qq	603,26	40,5	24432,03
Tubería				
Tubos de 90 mm	m	4833,31	13,65	65974,68
Tubos de 50 mm	m	328,39	3,63	1192,06
Tubos de 40 mm	m	187,34	5,24	981,66
Tubos de 32 mm	m	118,63	4,56	540,95
Tapones				
Tapón 90 mm	mm	8736,00	3,10	27081,60
Tapón 40 mm	mm	868,00	0,43	373,24
Tapón 50 mm	mm	868,00	0,70	607,60
Codos				
Codo 50 mm	mm	868,00	0,60	520,80
Codo 40*45 mm	mm	868,00	0,83	720,44
Codos 32 mm	mm	868,00	0,96	833,28
Y				
Yee 50 mm	mm	868,00	0,85	737,80
Tee				
Tee 90 mm	mm	56,00	5,00	280,00
Tee 50 mm	mm	434,00	0,75	325,50
Tee 40 mm	mm	434,00	1,86	807,24
Tee 32 mm	mm	434,00	0,84	364,56
Universales				
Universales 32 mm	mm	1736,00	1,86	3228,96
Válvulas				
Válvulas 32 mm	mm	868,00	4,45	3862,60
Mangueras				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302,00	0,55	716,10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302,00	0,50	651,00
Conectores				
Conector inicial 16 mm	mm	8680,00	0,14	1215,20
Conectores 12 mm	mm	4340,00	0,25	1085,00
Empaques				
Empaques 12 mm	mm	17360,00	0,15	2604,00
Buje 40*32 mm	mm	768,00	0,25	192,00
Pega (705 PVC)	L	70,00	14,10	987,00
Adaptadores				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4,00	1,44	5,76
Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8,00	0,81	6,48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4,00	1,89	7,56

Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4,00	20,00	80,00
Filtro de retención NPT	3"	4,00	2,72	10,88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4,00	1000,00	4000,00
Materiales para el control del Temporizador electrónico digital				
Temporizador electrónico digital	#	1,00	200,00	200,00
Rele	#	1,00	10,00	10,00
Contactador	#	1,00	30,00	30,00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1,00	11,49	11,49
Breaker	#	2,00	4,21	8,42
Palancas	#	4,00	3,00	12,00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3,00	33,00	99,00
Reservorio geomembrana	m	300,00	3,00	900,00
Invernadero	m	10000,00	8,00	80000,00
Cable sólido N° 10	m	250,00	0,60	150,00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733,00	20,00	34660,00
SUBTOTAL				260506,89
AMORTIZACIÓN (8 AÑOS)				32563,36
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	L	13,21	50,00	660,30
Agronutri K plus	L	57,34	14,96	857,80
10-52-10 + micros	Kilos	22,41	8,15	182,64
Nitroplus	Kilos	11,08	6,55	72,55
Sulfato de Magnesio	Kilos	115,02	0,70	80,51
SUBTOTAL				1853,80
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	85200,00	0,008	681,60
SUBTOTAL				681,60
Manejo del cultivo (Trasplante-Cosecha)				
Mano de obra	Jornal	300,00	13,5	4050,00
SUBTOTAL				4050,00
Cosecha				
Fundas transparentes	#	85200,00	0,012	1022,40
SUBTOTAL				1022,40
TOTAL				40171,17
Imprevistos 10%				4017,12
GRAN TOTAL				44188,28
GRAN TOTAL POR CICLO DE PRODUCCIÓN				7364,71

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 26. Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años - T2 (DM)

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Materiales de construcción para los módulos				
Varilla 14 mm	qq	603,26	40,5	24432,03
Tubería				
Tubos de 90 mm	m	4833,31	13,65	65974,68
Tubos de 50 mm	m	328,39	3,63	1192,06
Tubos de 40 mm	m	187,34	5,24	981,66
Tubos de 32 mm	m	118,63	4,56	540,95
Tapones				
Tapón 90 mm	mm	8736,00	3,10	27081,60
Tapón 40 mm	mm	868,00	0,43	373,24
Tapón 50 mm	mm	868,00	0,70	607,60
Codos				
Codo 50 mm	mm	868,00	0,60	520,80
Codo 40*45 mm	mm	868,00	0,83	720,44
Codos 32 mm	mm	868,00	0,96	833,28
Y				
Yee 50 mm	mm	868,00	0,85	737,80
Tee				
Tee 90 mm	mm	56,00	5,00	280,00
Tee 50 mm	mm	434,00	0,75	325,50
Tee 40 mm	mm	434,00	1,86	807,24
Tee 32 mm	mm	434,00	0,84	364,56
Universales				
Universales 32 mm	mm	1736,00	1,86	3228,96
Válvulas				
Válvulas 32 mm	mm	868,00	4,45	3862,60
Mangueras				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302,00	0,55	716,10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302,00	0,50	651,00
Conectores				
Conector inicial 16 mm	mm	8680,00	0,14	1215,20
Conectores 12 mm	mm	4340,00	0,25	1085,00
Empaques				
Empaques 12 mm	mm	17360,00	0,15	2604,00
Buje 40*32 mm	mm	768,00	0,25	192,00
Pega (705 PVC)	L	70,00	14,10	987,00
Adaptadores				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4,00	1,44	5,76
Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8,00	0,81	6,48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4,00	1,89	7,56

Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4,00	20,00	80,00
Filtro de retención NPT	3"	4,00	2,72	10,88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4,00	1000,00	4000,00
Materiales para el control del Temporizador electrónico digital				
Temporizador electrónico digital	#	1,00	200,00	200,00
Rele	#	1,00	10,00	10,00
Contactador	#	1,00	30,00	30,00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1,00	11,49	11,49
Breaker	#	2,00	4,21	8,42
Palancas	#	4,00	3,00	12,00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3,00	33,00	99,00
Reservorio geomembrana	m	300,00	3,00	900,00
Invernadero	m	10000,00	8,00	80000,00
Cable sólido N° 10	m	250,00	0,60	150,00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733,00	20,00	34660,00
SUBTOTAL				260506,89
AMORTIZACIÓN (8 AÑOS)				32563,36
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	L	13,21	50,00	660,30
Agronutri K plus	L	120,13	14,96	1797,17
10-52-10 + micros	Kilos	22,41	8,15	182,64
Nitroplus	Kilos	11,08	6,55	72,55
Sulfato de Magnesio	Kilos	115,02	0,70	80,51
SUBTOTAL				2793,18
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	85200,00	0,008	681,60
SUBTOTAL				681,60
Manejo del cultivo (Trasplante-Cosecha)				
Mano de obra	Jornal	300,00	13,5	4050,00
SUBTOTAL				4050,00
Cosecha				
Fundas transparentes	#	85200,00	0,012	1022,40
SUBTOTAL				1022,40
TOTAL				41110,54
Imprevistos 10%				4111,05
GRAN TOTAL				45221,59
GRAN TOTAL POR CICLO DE PRODUCCIÓN				7536,93

Fuente: Manzano, 2017

Anexo 27. Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 8 años – T3 (DA)

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Materiales de construcción para los módulos				
Varilla 14 mm	qq	603,26	40,5	24432,03
Tubería				
Tubos de 90 mm	m	4833,31	13,65	65974,68
Tubos de 50 mm	m	328,39	3,63	1192,06
Tubos de 40 mm	m	187,34	5,24	981,66
Tubos de 32 mm	m	118,63	4,56	540,95
Tapones				
Tapón 90 mm	mm	8736,00	3,10	27081,60
Tapón 40 mm	mm	868,00	0,43	373,24
Tapón 50 mm	mm	868,00	0,70	607,60
Codos				
Codo 50 mm	mm	868,00	0,60	520,80
Codo 40*45 mm	mm	868,00	0,83	720,44
Codos 32 mm	mm	868,00	0,96	833,28
Y				
Yee 50 mm	mm	868,00	0,85	737,80
Tee				
Tee 90 mm	mm	56,00	5,00	280,00
Tee 50 mm	mm	434,00	0,75	325,50
Tee 40 mm	mm	434,00	1,86	807,24
Tee 32 mm	mm	434,00	0,84	364,56
Universales				
Universales 32 mm	mm	1736,00	1,86	3228,96
Válvulas				
Válvulas 32 mm	mm	868,00	4,45	3862,60
Mangueras				
Manguera de jardín color amarillo 16 mm	m	1302,00	0,55	716,10
Manguera de Gas 12 mm	m	1302,00	0,50	651,00
Conectores				
Conector inicial 16 mm	mm	8680,00	0,14	1215,20
Conectores 12 mm	mm	4340,00	0,25	1085,00
Empaques				
Empaques 12 mm	mm	17360,00	0,15	2604,00
Buje 40*32 mm	mm	768,00	0,25	192,00
Pega (705 PVC)	L	70,00	14,10	987,00
Adaptadores				
Adaptador H pvc presión Pega/rosca	3"	4,00	1,44	5,76
Adaptador M pvc presión Pega/rosca	3"	8,00	0,81	6,48
Neplo c/cint ex c/red monocapa	3"	4,00	1,89	7,56

Válvula de retención "RE-GE" NPT	3"	4,00	20,00	80,00
Filtro de retención NPT	3"	4,00	2,72	10,88
Bombas				
Bombas 0.5 HP (Modelo Am - MD) Marca Linz electric.	#	4,00	1000,00	4000,00
Materiales para el control del Temporizador electrónico digital				
Temporizador electrónico digital	#	1,00	200,00	200,00
Rele	#	1,00	10,00	10,00
Contactador	#	1,00	30,00	30,00
Caja Térmica de 2 Breaker	#	1,00	11,49	11,49
Breaker	#	2,00	4,21	8,42
Palancas	#	4,00	3,00	12,00
Otros				
Termo hidrómetro	#	3,00	33,00	99,00
Reservorio geomembrana	m	300,00	3,00	900,00
Invernadero	m	10000,00	8,00	80000,00
Cable sólido N° 10	m	250,00	0,60	150,00
Mano de Obra construcción caballete	Caballete	1733,00	20,00	34660,00
SUBTOTAL				260506,89
AMORTIZACIÓN (8 AÑOS)				32563,36
Insumos para Solución Nutritiva				
Ácido Nítrico	L	13,21	50,00	660,30
Agronutri K plus	L	183,18	14,96	2740,37
10-52-10 + micros	Kilos	22,41	8,15	182,64
Nitroplus	Kilos	11,08	6,55	72,55
Sulfato de Magnesio	Kilos	115,02	0,70	80,51
SUBTOTAL				3736,38
Trasplante				
Plántulas de Lechuga	#	85200,00	0,008	681,60
SUBTOTAL				681,60
Manejo del cultivo (Trasplante-Cosecha)				
Mano de obra	Jornal	300,00	13,5	4050,00
SUBTOTAL				4050,00
Cosecha				
Fundas transparentes	#	85200,00	0,012	1022,40
SUBTOTAL				1022,40
TOTAL				42053,74
Imprevistos 10%				4205,37
GRAN TOTAL				46259,11
GRAN TOTAL POR CICLO DE PRODUCCIÓN				7709,85

Fuente: Manzano, 2017