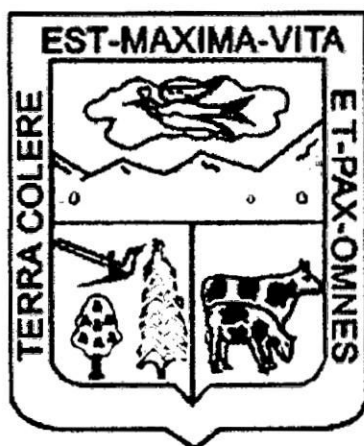


**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO
VALDIZÁN-HUÁNUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



Efecto de Sistemas Hidropónicos con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el rendimiento de lechuga híbrida rosabella roja (*Lactuca sativa* L.), en condiciones de la Unidad de Hidroponía - UNHEVAL - Huánuco 2014.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

RONCAGLIOLO MANRIQUE, José Augusto

HUÁNUCO – PERÚ

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUANUCO - PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO.

En la ciudad de Huánuco a los 26 Días del mes de Junio del año 2015, siendo las 4.00 pm horas de acuerdo al Reglamento de Grado Académico y Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la **UNHEVAL**, los miembros integrantes del Jurado Calificador, nombrados mediante Resolución N° 0239-2015-UNHEVAL/FCA-D de fecha 10.10.15, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

"EFECTO DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS CON APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM), EN EL RENDIMIENTO DE LECHUGA HIBRIDA ROSABELLA ROJA (*Lactuca sativa* L), EN CONDICIONES DE LA UNIDAD DE HIDROPONÍA -UNHEVAL - HUÁNUCO 2014"

Presentada por el Bachiller en Ciencias Agrarias: **JOSÉ AUGUSTO RONCAGLIOLO MANRIQUE**

Bajo el asesoramiento del **Ing. Fiebi Ricardo Jara Claudio**

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Mg. JUAN VILLANUEVA REATEGUI
SECRETARIO : Mg. MARIA B. GUTIERREZ SOLORZANO
VOCAL : Mg. ANTONIO CORNEJO Y MALDONADO
ACCESITARIO : Ing. GRIFELIO VARGAS GARCÍA

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: Aprobado por Unanimidad

con el cuantitativo de 17 y cualitativo de muy bueno, quedando el sustentante Apto para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 6.00 horas.

Huánuco, 26 de junio del 2015

PRESIDENTE

SECRETARIO

Dedicatoria

A mis padres: de quienes aprendí un ejemplo digno de superación y que me permitieron ser una persona de bien. A mis hermanos (as) por su apoyo moral e incondicional, por enseñarme a valorar la riqueza más grande que posee el hombre: su familia, por compartir conmigo sus anhelos, por festejar nuestros triunfos; gracias por su apoyo en tiempos de alegría y en tiempos de tristeza. Y de manera muy especial a mi esposa Jessica y para mi hija la razón de mi vida y mi motivo de superación Chiara valentina

RONCAGLIOLO MANRIQUE, José agosto

Agradecimiento

A Dios, por concederme la salud, bienestar y por ser mi fortaleza en la vida, y permitirme seguir sin fatiga cada peldaño de mi carrera profesional. Y poner en práctica lo que aprendí en el presente estudio.

A mis padres, por haberme permitido nacer en un hogar lleno de cariño, amor y protección, por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta casa maravillosa de estudios y poderme desarrollar como persona y profesional. Gracias por enseñarnos el camino correcto a seguir en la vida, por sus sacrificios y estar siempre presente ofreciendo su apoyo incesable.

A mis docentes, de la Escuela Académico Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" quienes contribuyeron en bríndame conocimiento para mi formación profesional, y en especial al Ingeniero Fleli jara por sus consejos y apoyo como asesor de este trabajo de investigación.

Y a mis amigos y colegas que compartieron conmigo durante muchos años en los pasillos y aulas de la EAP. Agronomía.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación **Efecto de Sistemas Hidropónicos con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el rendimiento de lechuga híbrida rosabella roja (*Lactuca sativa* L.), en condiciones de la Unidad de Hidroponía - UNHEVAL - Huánuco 2014**, se realizó con el objetivo de Evaluar el rendimiento de lechuga Híbrida-rosabella roja en tres sistemas hidropónicos c/n aplicación de EM, bajo condiciones climáticas de Cayhuayna; fue ejecutada en la Unidad de Hidroponía del Instituto de Investigación Frutícola Olerícola- de la UNHEVAL, situado a la margen izquierda del río Huallaga, a 2 kilómetros de la ciudad de Huánuco, carretera Huánuco – Tingo María y Huánuco-Lima- Distrito de Pillco Marca —provincia de Huánuco- región Huánuco. Ejecutado en dos campañas, siendo la primera de Julio-Noviembre 2014 y la segunda campaña de Diciembre-Marzo (2014-2015), donde también se incluye el tiempo de elaboración y tabulación de datos.

El diseño utilizado fue DCA (Diseño Completamente al Azar), con 3 tratamientos (T1 = Sistema Hidropónico Recirculante o NFT c/n Aplicación de microorganismos eficaces EM), T2 = Sistema Hidropónico Raíz Flotante c/n Aplicación de EM, T3 = Sistema Hidropónico Sustrato Sólido c/n Aplicación de EM). El material genético empleado fue el híbrido de lechuga rosabella roja.

Los resultados finales indican que las plantas de lechuga se adaptaron mejor a la condiciones del tratamiento T1, obteniendo los mayores promedios en peso, altura de planta y numero de hojas/planta, sin embargo el tratamiento T2 también presenta condiciones óptimas para el desarrollo de la planta, ya que sólo fue superado ligeramente por T1, sin embargo T2 obtuvo los promedios más altos en los parámetros de peso de raíz y longitud de raíz. Los promedios más bajos para todos los parámetros evaluados lo obtuvo T3, por lo que falta establecer condiciones que ayuden al desarrollo de la planta, como por ejemplo el sustrato ideal para cada especie.

ÍNDICE GENERAL

	Pagina
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
I. INTRODUCCION.....	16
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
II. MARCO TEORICO.....	19
2.1. FUNDAMENTACION TEORICA.....	19
2.1.1. Origen de la lechuga.....	19
2.1.2. Características morfológicas.....	20
2.1.3. Características genéticas.....	21
Diversidad genética.....	21
Genómica.....	21
Variedades.....	22
2.1.4. Composición química de lechuga.....	22
2.1.5. Importancia económica y distribución.....	23
2.1.6. Historia de hidroponía.....	24
2.1.7. Superficie sembrada a nivel mundial.....	25
2.1.8. Hidroponía.....	26
Definición de Hidroponía.....	26
Perspectivas y futuro.....	27
2.1.9. Sistemas hidropónicos.....	27
Sistema hidropónico NFT.....	28
Sistema hidropónico Raíz Flotante.....	33
Sistema hidropónico Sustrato Solido.....	37
2.1.10. Solución nutritiva.....	42
2.1.11. Ventajas de los cultivos hidropónicos.....	43

2.1.12.	Desventajas de los cultivos hidropónicos.....	44
2.1.13.	Microorganismos Eficaces (EM).....	45
	Generalidades.....	45
	Microorganismos Eficaces en el mundo.....	46
	Modo de acción de los microorganismos eficaces..	47
	Tipos de microorganismos presentes.....	47
	Aplicación de microorganismos eficaces.....	49
2.2.	ANTECEDENTES.....	51
2.3.	HIPOTESIS.....	55
	Hipótesis general.....	55
	Hipótesis específicas.....	56
2.4.	VARIABLES.....	56
III.	MATERIALES METODOS.....	58
3.1.	LUGAR DE EJECUCION.....	58
3.2.	CONDICIONES CLIMATICAS.....	58
3.3.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	59
3.4.	POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS.....	59
3.5.	FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	60
3.6.	PRUEBA DE HIPOTESIS.....	60
3.7.	TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECABAR INFORMACION.....	63
3.8.	DATOS REGISTRADOS.....	64
3.9.	PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE RESULTADOS	
3.10.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	66
3.11.	CONDUCCION DEL EXPERIMENTO.....	66
IV.	RESULTADOS.....	70
V.	DISCUSION.....	94
VI.	CONCLUSIONES.....	98
VII.	RECOMENDACIONES.....	99
VIII.	LITERATURA CITADA.....	100
	ANEXO.....	106

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01. Composición química de la lechuga en 100 gramos de porción.....	23
Cuadro N° 02. Países productores de lechuga.....	24
Cuadro N° 03. Área estimada de los primeros 10 países hidropónicos..	25
Cuadro N° 04. Etapas del Sistema Raíz Flotante.....	35
Cuadro N°05. Variables y operacionalización de variables.....	56
Cuadro N° 06. Factor y tratamientos en estudio.....	60
Cuadro N° 07. Esquema de Análisis de Variancia para el diseño (DCA).	61

CUADRO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y DUNCAN DE I SIEMBRA

Cuadro N° 08. Análisis de Varianza para el peso fresco total.....	70
Cuadro N° 09. Prueba de significación de Duncan para peso fresco total	71
Cuadro N° 10. Análisis de Varianza para el peso fresco de la parte aérea.....	72
Cuadro N° 11. Prueba de Duncan para peso fresco de la parte aérea...	72
Cuadro N° 12. Análisis de Varianza para el peso fresco de raíz.....	74
Cuadro N° 13. Prueba de significación de Duncan para peso fresco de Raíz.....	74
Cuadro N° 14. Análisis de Varianza para el número de hojas/planta...	76
Cuadro N° 15. Prueba de significación de Duncan para número de hojas/planta.....	76

Cuadro N° 16. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm).....	78
Cuadro N° 17. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm).....	78
Cuadro N° 18. Análisis de Varianza para Longitud de raíz (cm).....	80
Cuadro N° 19. Prueba de significación de Duncan para Longitud de Raíz (cm).....	80
CUADRO DE ANÁLISIS DE VARIANCIA Y DUNCAN DE II SIEMBRA	
Cuadro N° 20. Análisis de Varianza para el peso fresco total (hojas, tallo y raíz).....	82
Cuadro N° 21. Prueba de significación de Duncan para peso fresco total (II-Campaña).....	83
Cuadro N° 22. Análisis de Varianza para el peso fresco de la parte aérea (gramos).....	84
Cuadro N° 23. Prueba de Duncan para peso fresco de la parte aérea...	84
Cuadro N° 24. Análisis de Varianza para el peso fresco de raíz.....	86
Cuadro N° 25. Prueba de significación de Duncan para peso fresco de Raíz.....	86
Cuadro N° 26. Análisis de Varianza para el número de hojas/planta...	88
Cuadro N° 27. Prueba de significación de Duncan para número de hojas/planta.....	88
Cuadro N° 28. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm).....	90
Cuadro N° 29. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm).....	90

Cuadro N° 30. Análisis de Varianza para Longitud de raíz (cm).....	92
Cuadro N° 31. Prueba de significación de Duncan para Longitud de Raíz (cm).....	92

CUADRO DE PROMEDIOS

Cuadro N° 32. Promedios del peso fresco total (Primera campaña).....	106
Cuadro N° 33. Promedios del peso fresco de la parte aérea (Primera campaña).....	106
Cuadro N° 34. Promedios del peso fresco de raíz (Primera campaña)...	106
Cuadro N° 35. Promedios del Número de hojas/planta (Primera campaña).....	107
Cuadro N° 36. Promedios de altura de planta (cm) (Primera campaña).....	107
Cuadro N° 37. Promedios de Longitud de raíz (cm) (Primera campaña)	107
Cuadro N° 38. Promedios del peso fresco total (Segunda campaña)....	108
Cuadro N° 39. Promedios de peso fresco de la parte aérea (Segunda campaña).....	108
Cuadro N° 40. Promedios del peso fresco de raíz (Segunda campaña)	108
Cuadro N° 41. Promedios del Número de hojas por planta (Segunda campaña).....	109
Cuadro N° 43. Promedios de altura de planta (cm) (Segunda campaña)	109
Cuadro N° 44. Promedios de Longitud de raíz (cm) (Segunda campaña)	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N°01. Croquis del experimento. (Elaboración propia).....	63
Fig. N° 02. Comparación de medias para el peso fresco total (raíz, tallo y hojas).....	71
Fig. N° 03. Comparación de promedios para la parte aérea.....	73
Fig. N° 04. Peso fresco de raíz (gramos).....	75
Fig. N° 05. Número de hojas/planta (unidades).....	77
Fig. N° 06. Altura de planta (centímetros).....	79
Fig. N° 07. Longitud de Raíz (centímetros).....	81

FIGURAS DE COMPARACIÓN DE PROMEDIO (II-CAMPAÑA)

Fig. N° 08. Comparación de medias para el peso fresco total (raíz, tallo y hojas).....	83
Fig. N° 09. Comparación de promedios para la parte aérea.....	85
Fig. N° 10. Peso fresco de raíz (gramos).....	87
Fig. N° 11. Número de hojas/planta (unidades).....	89
Fig. N° 12. Altura de planta (centímetros).....	91
Fig. N° 13. Longitud de Raíz (centímetros).....	93

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LA TESIS

Fig. N° 14. Unidad de Hidroponía – Agronomía.....	110
Fig. N° 15. Camas de trasplante definitivo.....	110
Fig. N° 16. Camas de trasplante definitivo-sistema hidropónico sustrato solido.....	111

Fig. N° 17. Camas de trasplante definitivo-sistema hidropónico sustrato solido.....	111
--	------------

INSTLACION DE LOS TRATAMIENTOS (SISTEMAS HIDROPONICOS)

Fig. N° 18. Sistema NFT o recirculante (T1= tratamiento 1).....	112
Fig. N° 19. Sistema NFT o recirculante (tubos pvc).....	112
Fig. N° 20. Cama de trasplante definitivo (sistema raíz flotante).....	112
Fig. N° 21. Sistema hidropónico raíz flotante (T2 = tratamiento 2).....	112
Fig. N° 22. Cama de trasplante definitivo sustrato solido.....	112
Fig. N° 23. Sistema hidropónico sustrato sólido (T3).....	112

CAMAS DE GERMINACION DE SEMILLAS

Fig. N° 24. Camas de germinación.....	113
Fig. N° 25. Plantas 5 días después de la siembra.....	113
Fig. N° 26. Plantas de lechuga hibrida rosabella roja.....	113
Fig. N° 27. Plantas de lechuga 7 días después de la siembra.....	113
Fig. N° 28. Tamaño de plantas adecuado para el primer trasplante.....	113
Fig. N° 29. Selección de plantas para el primer trasplante.....	113

PRIMER TRASPLANTE-ESTRUCTURA Y ACONDICIONAMIENTO

Fig. N° 30. Armado de las camas para el primer trasplante.....	114
Fig. N° 31. Forrado con plástico de la estructura de madera.....	114
Fig. N° 32. Acondicionamiento de plántulas antes del trasplante.....	114
Fig. N° 33. Plántulas antes del primer trasplante.....	114
Fig. N° 34. Plantas en la cama del primer trasplante.....	114
Fig. N° 35. Camas acondicionadas para el primer trasplante.....	114

PRIMER TRASPLANTE-DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Fig. N° 36. Visita del asesor de tesis Ingeniero Fleli Jara.....	115
Fig. N° 37. Primar trasplantas (antes del trasplante definitivo).....	115
Fig. N° 38. Plantas en las camas del primer trasplante.....	115
Fig. N° 39. Plántulas de lechuga hibrida rosabella roja.....	115
Fig. N° 40. Desarrollo de la raíz de las plantas de lechuga.....	115
Fig. N° 41. Desarrollo radicular en las camas del primer trasplante.....	115

SISTEMAS HIDROPONICOS-CONDUCCION Y DESARROLLO DE PLANTAS

Fig. N° 42. Trasplante de plantas a la cama de aclimatación.....	116
Fig. N° 43. Cama de aclimatación previo al trasplante definitivo.....	116
Fig. N° 44. Oxigenación de la cama de aclimatación.....	116
Fig. N° 45. Desarrollo radicular de las plantas.....	116
Fig. N° 46. Desarrollo radicular en aclimatación.....	116
Fig. N° 47. Tamaño de planta en la cama de aclimatación.....	116
Fig. N° 48. Sistema Raíz Flotante – plantas desarrolladas.....	117
Fig. N° 49. Sistema Raíz flotante –desarrollo radicular.....	117
Fig. N° 50. Oxigenación en plantas desarrolladas.....	117
Fig. N° 51. Plantas de lechuga antes de la cosecha.....	117
Fig. N° 52. Plantas desarrolladas en el sistema Raíz Flotante.....	117
Fig. N° 53. Sistemas Raíz Flotante antes de la cosecha.....	117
Fig. N° 54. Sistema NFT – plantas desarrolladas.....	118
Fig. N° 55. Sistema Raíz flotante –plantas desarrolladas.....	118
Fig. N° 56. Sistema hidropónico NFT antes de la cosecha.....	118
Fig. N° 57. Desarrollo radicular de la plantas en el sistema NFT.....	118

Fig. N° 58. Desarrollo de las plantas en el sistema NFT.....	118
Fig. N° 59. Sistema NFT-plantas desarrolladas.....	118
Fig. N° 60. Sistema Sustrato Solido – plantas desarrolladas.....	119
Fig. N° 61. Sistema Sustrato solido-40 días de desarrollo.....	119
Fig. N° 62. Sistema hidropónico sustrato - plantas desarrolladas.....	119
Fig. N° 63. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.....	119
Fig. N° 64. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.....	119
Fig. N° 65. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.....	119

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Fig. N° 66. Visita de compañeros de la EAP de Agronomía.....	120
Fig. N° 67. Supervisión del trabajo por la Ing. María Gutiérrez.....	120
Fig. N° 68. Visita del co-asesor de tesis el Ing. Grifelio Vargas.....	120
Fig. N° 69. Presentación del trabajo final del tratamiento T2.....	120
Fig. N° 70. Visita del Ing. Simeón Romero en la II-campaña.....	120
Fig. N° 71. Supervisión del sistema recirculante.....	120
Fig. N° 72. Riego con solución nutritiva.....	121
Fig. N° 73. Oxigenación del sistema raíz flotante.....	121
Fig. N° 74. Preparación de solución nutritiva.....	121
Fig. N° 75. Sistema hidropónico NFT.....	121
Fig. N° 76. Plantas adaptadas al sistema hidropónico sustrato.....	121
Fig. N° 77. Plantas adaptadas al sistema hidropónico raíz flotante.....	121
Fig. N° 78. Aplicación de soluciones nutritivas-sistema NFT.....	122
Fig. N° 79. Aplicación de solución nutritiva A y B.....	122
Fig. N° 80. Agitando la mezcla de soluciones nutritivas con agua.....	122

Fig. N° 81. Tanque de 200 litros.....	122
Fig. N° 82. Ajuste del temporizador para la circulación de nutrientes....	122
Fig. N° 83. Registro de la temperatura del día.....	122
Fig. N° 84. Aplicación de soluciones nutritivas-sistema Raíz flotante.....	123
Fig. N° 85. Aplicación de solución nutritiva A.....	123
Fig. N° 86. Aplicación de solución nutritiva B.....	123
Fig. N° 87. Agitación de la solución nutritiva para su disolución.....	123
Fig. N° 87. Aplicación de macro y micronutrientes.....	123
Fig. N° 89. Registro de la temperatura del día.....	123
Fig. N° 90. Sistema Sustrato solido – aplicación de nutrientes.....	124
Fig. N° 91. Sistema Sustrato solido – aplicación de EM.....	124
Fig. N° 92. Riego con solución nutritiva Ay B.....	124
Fig. N° 93. Riego con EM activado.....	124
Fig. N° 94. Desarrollo de las plantas en el sistema sustrato sólido.....	124
Fig. N° 95. Visita del Ing. Grifelio Vargas – co asesor.....	124

PARAMETROS EVALUADOS –TOMA DE DATOS

Fig. N° 96. Balanza analítica (usado para el pesaje).....	125
Fig. N° 97. Calibración de la balanza analítica antes de pesaje.....	125
Fig. N° 98. Sistema hidropónico sustrato - plantas desarrolladas.....	125
Fig. N° 99. Supervisión de la Ing. María Gutiérrez jurado de tesis.....	125
Fig. N° 100. Supervisión del sistema raíz flotante.....	125
Fig. N° 101. Supervisión del sistema recirculante.....	125
Fig. N° 102. Peso fresco total del tratamiento 3.....	126
Fig. N° 103. Peso fresco total del tratamiento 3, repetición 1.....	126

Fig. N° 104. Se evaluaron 10 plantas por cada sistema hidropónico.....	126
Fig. N° 105. Peso fresco total del tratamiento 2.....	126
Fig. N° 106. Cortando la raíz para su pesaje correspondiente.....	126
Fig. N° 107. Cortando la raíz para el pesaje correspondiente.....	126
Fig. N° 108. Peso fresco de la parte aérea.....	127
Fig. N° 109. Peso fresco de la parte raíz (tratamiento 1).....	127
Fig. N° 110. Toma de datos de las evaluaciones.....	127
Fig. N° 111. Conteo del número de hojas/planta.....	127
Fig. N° 112. Numero de hojas/planta del tratamiento 1- II campaña.....	127
Fig. N° 113. Numero de hojas/planta del tratamiento 1 – I campaña.....	127

I. INTRODUCCION

Filippetti (2014), la lechuga (*Lactuca sativa L.*), es una dicotiledónea anual, procede de la India, mientras que otros autores la sitúan en las regiones templadas de Eurasia y América del Norte, a partir de la especie *Lactuca serriola*, pertenece a la familia de las Asteráceas (compuestas); el cultivo comenzó hace 2 500 años, era un cultivo conocido por los persas, griegos, romanos. Los romanos tenían la costumbre de consumirla antes de acostarse después de una cena abundante para así poder conciliar el sueño. Aunque la lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido de agua, su escasa cantidad de hidratos de carbono, y menor aún en proteínas y grasas, pero sin embargo destaca la presencia de provitamina A o beta caroteno, y vitaminas C y E, algo sumamente importante es que presentan contenido de folato, estos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genética y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

Alvarado *et al* (2001) manifiesta que la lechuga es una planta herbácea, originaria de Asia, específicamente proviene de Asia menor. Existen pinturas de lechuga en tumbas egipcias que datan de 4 500 a. de c., puede que la especie haya aparecido hace 2500 a.c.; la lechuga tipo cabeza empezó a aparecer en los albores del siglo XVI de nuestra era.

Por otra parte, la reducción del espacio de suelo cultivable, la menor disponibilidad de agua saneada para el riego, y el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas, especialmente las de consumo en fresco, como se da en este caso, han hecho que las técnicas hidropónicas de cultivo sean potencialmente atractivas, ya que desempeñan un papel importante en la nutrición del hombre por ser fuente de vitaminas y minerales, con la técnica de hidroponía la lechuga puede cultivarse a lo largo de todo el año sin afectar su rendimiento y calidad, (Carrasco *et.al*, 1996 citado por Valverde, 2008).

En el Perú el cultivo de lechuga no tiene mayores problemas sanitarios, a excepción de pudriciones causadas por hongos, bacterias y la competencia con malezas. El principal problema del cultivo de lechuga es el declive del rendimiento y calidad en las cosechas de cultivos de verano o siembras de noviembre a diciembre para ser cosechadas de enero a febrero (Stucchi, 1999). Las hortalizas constituyen una parte fundamental en dieta del ser humano, siendo el consumo per /cápita en Latinoamérica de 20 kg/persona/año, según Vera (2008).

Carrasco (1998) citado por Valverde (2008) menciona que la lechuga se encuentra en el grupo de plantas que acumulan una mayor cantidad de nitratos y, por numerosas investigaciones, se ha visto que la ingesta de altas cantidades (superiores a 4,500 mg NO₃/Kg de producto fresco), puede resultar nociva para la salud humana. Cultivando lechugas por medio de la técnica hidropónica, será posible manipular la oferta de nutrientes de forma rápida, especialmente en sistemas de recirculación, como es el caso del sistema NFT (Técnica de la Película Nutritiva). Asimismo, menciona investigaciones de este tipo, que disminuyeron la oferta de nutrientes de acuerdo a la absorción diaria de los nutrientes del cultivo, obteniendo un 30-40 % de reducción de nitratos que se acumulan en las hojas.

Hoy en día el mercado de lechuga exige un producto orgánico, es por ello que se han implantado estándares de calidad, siendo esto una dificultad para los países latinoamericanos, puesto que la agricultura en su mayoría es a base de productos agroquímicos ya prohibidos en Norte América, Europa y Asia, según indica Suquilanda (2003) citado por Sánchez (2004).

Desde hace unos años se comercializan en los mercados diferentes tipos de mallas de sombra coloreadas para invernaderos, producidas con polietileno multicapa, en cuya estructura se hallan pigmentos especiales desarrollados para acondicionar la radiación que incide sobre el material vegetal, unas veces filtrando y otras intensificando determinadas longitudes de onda, manipulando

así el espectro de la luz solar, e incrementando la calidad de la luz que llega a la planta.

En este contexto, los objetivos planteados son:

Objetivo general

Evaluar el efecto de Sistemas Hidropónicos con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el rendimiento de lechuga híbrida Rosabella roja (*Lactuca sativa L.*), en condiciones de la Unidad de Hidroponía -UNHEVAL-Huánuco.

Objetivos específicos

Determinar el efecto del sistema hidropónico Raíz Flotante con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida rosabella roja.

Determinar el efecto del sistema hidropónico NFT o recirculante con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida rosabella roja.

Evaluar el efecto del sistema hidropónico Sustrato Solido con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida rosabella roja.

Determinar las diferencias estadísticas significativas entre los sistemas hidropónicos con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida rosabella roja.

II. MARCO TEORICO

2.1. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1.1. Origen de la lechuga

Sánchez (2009) y Vera (2008), sostienen que el origen de la lechuga no está dilucidado por completo, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy en día los botánicos no se ponen de acuerdo, por no existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca sativa* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas, siendo las variedades cultivadas actualmente una hibridación entre especies distintas. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2 500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. Y los autores concuerdan en que el posible origen sea las costas del sur y sureste del Mar Mediterráneo, desde Egipto hasta Asia Menor, aunque puede extenderse hasta Egipto.

Angulo (2008), indica que aunque el origen de la lechuga no parece estar muy claro, la mayoría de investigadores afirman que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2 500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. Sin embargo EASY PLANT (2014), manifiesta que los primeros antecedentes que se tienen sobre el uso de prácticas con hidroponía, datan desde la época prehispánica, ya que se tiene conocimiento que los aztecas, con el uso de la chinampa, fueron la primera civilización humana en usar agricultura hidropónica eficientemente.

2.1.2. Características morfológicas

Hoja

Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (2006), reporta que las hojas están colocadas en roseta, desplegadas; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

Tallo y ramificaciones

Alvarado *et al* (2009), mencionan que este vegetal presenta un tallo bastante pequeño y no se ramifica; sin embargo cuando existen altas temperaturas (superior a los 26 grados Celsius) y días largos (mayor a 12 horas) el tallo se alarga hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia.

Raíces

FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación) (2006), indica que las raíces no sobrepasa los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

Flores e inflorescencia y semilla

Alvarado *et al* (2009), manifiestan que la inflorescencia se constituye de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificados y son de color amarillo. Las semillas son largas (4-5 mm de longitud aproximadamente), su color generalmente es blanco crema, aunque también pueden presentar colores pardas y castañas; cabe mencionar que las semillas recién cosechadas por lo general no germinan, debido a la impermeabilidad que la semilla muestra en presencia del oxígeno, por lo que se han utilizado temperaturas ligeramente elevadas (20 a 30 °C) para inducir la germinación. Asimismo manifiestan que el fruto de la lechuga es aquenio, seco, y oblongo. Y también indica que hay

unas 800 semillas por gramo en la mayoría de las variedades de lechuga y se puede adquirir como semilla propiamente dichas o como peletizadas; las semillas peletizadas consisten en semillas cubiertas por una capa de material inerte y arcilla. Una vez que el pellet absorbe el agua, se rompe y se abre permitiendo el acceso inmediato de oxígeno para una germinación más uniforme y mejor emergencia.

2.1.3. Características genéticas

2.1.3.1. Diversidad genética

Las lechugas forman el género *Lactuca* y pertenecen a la familia de las Asteráceas (Compuestas), que abarca más de 1000 géneros y 20 000 especies, de las que muy pocas se cultivan. Esta familia, cuyo nombre actual deriva del griego Aster (estrella), se caracteriza porque sus flores están compuestas por la fusión de cientos e incluso miles de flores diminutas. Dentro de las Asteráceas se encuentran muchos tipos de hortalizas de diversas especies: de hoja (achicoria, lechuga, endibia, escarola), de flor (alcachofa) o de tallo (cardo). El término científico *Lactuca Sativa* también incluye a los cogollos y lechugas de tallo pequeño que forman una cabeza parecida a la de la col, según Guías práctica: Hortalizas y Verduras (2014).

2.1.3.2. Genómica

Blogspot- Fitomejoramiento de Lechuga (2014), reporta que la planta de lechuga es diploide ($2n$) con 18 cromosomas. A principios de los años 80 se comenzaron las actividades de recolección de recursos filogenéticos de especies hortícolas, que dieron como resultado el establecimiento del actual Banco de Germoplasma de la Universidad Politécnica de Valencia. En él se conservan actualmente más de 7 000 entradas de especies hortícolas, incluyendo cultivares locales españoles y especies silvestres. Asimismo, menciona que el germoplasma de estas variedades locales de lechuga y de

especies silvestres relacionadas, se encuentra almacenado en el Banco de Germoplasma de Hortícolas de Zaragoza.

2.1.3.3. Variedades

Angulo (2008) menciona que las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos:

a) Romanas: estas lechugas no forman un verdadero cogollo, las hojas son oblongas, con bordes enteros y nervio central ancho. El nombre científico es ***Lactuca sativa var. Longifolia***. Ejemplos (*Romana, Baby*).

b) Acogolladas: la característica principal y la más resaltante de este tipo de lechuga es que forman un cogollo apretado de hojas. El nombre científico es ***Lactuca sativa var. Capitata***. Ejemplos (*Batavia, Mantecosa o Trocadero, Iceberg*).

c) De hojas sueltas: este tipo de lechuga se caracteriza por presentar las hojas muy sueltas y dispersas, no formando cogollo. El nombre científico es ***Lactuca sativa var. Inybacea***. Ejemplos (*Lollo Rossa, Red Salad Bowl, Cracarelle*).

d) Lechuga esparrago: este tipo de lechugas son especiales y en el Perú no está difundido su consumo, ni la siembra de aquel. Son aquellas lechugas que se aprovechan por sus tallos, teniendo las hojas puntiagudas y lanceoladas. Se cultiva principalmente en China y la India. su nombre científico es ***Lactuca sativa var. Augustana***.

2.1.4. Composición química de la lechuga

Suquilanda (2000) citado por Sánchez (2004), indica que la composición de la lechuga es muy rica en vitaminas y minerales, pero es un poco bajo en carbohidratos y proteínas, la cual es como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 01. Composición química de la lechuga en 100 gramos de porción comestible.

COMPOSICIÓN	CANTIDAD
Calorías	11 kc
Agua	96 g
Proteínas	0,8 g
Grasa	0,1 g
Azúcar total	2,2 g
Otros carbohidratos	0,1 g
Vitamina A (UI)	300 mg
Tiamina	0,07 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	0,30 mg
Carbono	5,0 mg
Calcio	13,0 mg
Hierro	1,5 mg
Fósforo	25,0 mg
Potasio	100 mg

Fuente: Suquilanda.2003, Horticultura, p. 125 citado por Sánchez. 2004

2.1.5. Importancia económica y distribución geográfica

La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en las últimas décadas, especialmente en los principios de siglo XXI, debido tanto a la diversificación de tipos varietales como al aumento de la cuarta gama, según Giaconi y Escaff (2004); Vallejo y Estada (2004) citado por Lacarra y García (2011). Cabe señalar también que el autor señala que este vegetal cobra importancia en las últimas décadas por los programas de mejora genética a las cuales ha sido sometida, que se basan en la obtención de nuevos tipos de lechuga y la reducción del tamaño; además de la mejora en calidad: basada

fundamentalmente en la formación de los cogollos, haciéndolos más compactos y semillas libres de virus,.

Cuadro N° 02. Países productores de lechuga

PAISES	PRODUCCION DE LECHUGAS AÑO 2000 (toneladas)	PRODUCCION DE LECHUGAS AÑO 2001 (toneladas)
China	7.605.000	8.005.000
Estados Unidos	4.472.100	4.352.740
España	972.600	911.900
Italia	965.593	845.593
India	790.000	790.000
Japón	553.800	560.000
Francia	490.936	433.400
México	210.719	234.452
Egipto	179.602	179.000
Bélgica-Luxemburgo	170.000	170.000
Alemania	166.493	195.067
Australia	115.000	115.000
Reino Unido	109.200	119.900
Portugal	95.000	95.000
chile	85.000	86.000

Fuente: Giaconi y Escaff. (2004) citado por Lacarra y García. 2011

2.1.6. Historia de la Hidroponía

Rodríguez y Chang (2013) indican que la primera producción efectiva a gran escala ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial, cuando la Marina de Guerra de los EEUU estableció unidades hidropónicas con sistema de subirrigación en varias islas de los Océanos Pacífico y Atlántico. En los años 70, el cultivo en arena y otros sistemas florecieron y luego desaparecieron en los EEUU. En esta misma década se desarrolló en Dinamarca el sustrato conocido como lana de roca («rockwool» en inglés) y el sistema NFT en Inglaterra.

2.1.7. Superficie Sembradas a nivel Mundial en cultivos hidropónicos

Rodríguez *et al* (2012) mencionan que en los últimos quince años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado considerablemente. En 1996 el área mundial era de 12,000 hectáreas (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivo Sin Suelo) y, según las últimas proyecciones, habrían más de 30,000 hectáreas, de las cuales alrededor del 68% (20,400 hectáreas) son cultivadas sólo por 10 países (Cuadro 1). En Latinoamérica México y Brasil destacan como países hidropónicos.

Cabe destacar que los autores refieren que el sistema mayormente utilizado es el sistema de riego por goteo (90%) empleando como sustrato lana de roca (60%) y sustratos inorgánicos (20%) y orgánicos (10%). Luego siguen los sistemas en agua NFT (7%) y raíz flotante (3%). Los cultivos hidropónicos más rentables son tomate, pepinillo, pimiento, fresa, espinaca, lechuga y flores cortadas. Una considerable disminución de las áreas de tierras agrícolas en países en vías de desarrollo, hace de la hidroponía una interesante alternativa de producción en zonas urbanas y peri-urbanas.

Cuadro N° 03. Área estimada de los primeros 10 países hidropónicos

Nro.	PAIS	HECTAREAS
1	Holanda	10 000
2	España	4 000
3	Canadá	1 600
4	Francia	1 000
5	Israel	1 000
6	Alemania	650
7	Bélgica	600
8	Australia	600
9	Nueva Zelanda	550
10	Estados Unidos	400
	Sub Total (81%)	20 400
	Total Mundial (100%)	30 000

Fuente: Rodríguez Delfin, *et al* 2012

2.1.8. Hidroponía

2.1.8.1. Definición de hidroponía

Barrios (2004) indica que la hidroponía (hidros = agua y ponos = trabajo o actividad) es traducido literalmente como trabajo del agua y es una técnica de producción de cultivos sin suelo. El suelo es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella. Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas; y sus alimentos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis. En hidroponía se presentan dos tipos de sustratos, el líquido o agua que se mencionó anteriormente y el sólido para el cual se emplean materiales inertes como arena, cascarilla de arroz, grava, etc. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año y campaña.

Rodríguez y Chang (2013) mencionan que la hidroponía es una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo o tierra. Con la técnica de cultivo sin suelo se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad, y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta. Cualquier lugar puede ser apropiado para cultivar plantas, como en los techos, patios y jardines; en arenales, cerros, etc. Se pueden instalar huertos hidropónicos en centros educativos, hospitales, orfanatos, hospicios, cuarteles, cárceles, etc. Los centros educativos son un buen medio para difundir los principios del cultivo sin suelo entre la niñez, lo cual ha sido demostrado por Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina por medio de concursos de hidroponía escolar, los cuales promueven e incentivan la implementación de huertos hidropónicos en las escuelas públicas y privadas, con el propósito de

fomentar el consumo de hortalizas frescas ricas en vitaminas y minerales entre los alumnos, profesores y sus familias.

2.1.8.2. Perspectivas y futuro

Rodríguez y Chang La Rosa (2013) señalan que hoy en día la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola; generalmente es de alta tecnología y de fuerte capital, y viene siendo aplicada exitosamente con fines comerciales en países desarrollados. El crecimiento futuro de la hidroponía en Latinoamérica dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas menos sofisticados de producción que sean competitivos en costos con respecto a la tecnología sofisticada generada en países desarrollados.

También los mismos autores indican que en los últimos quince años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado considerablemente. En 1996 el área mundial era de 12,000 hectáreas (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivo Sin Suelo) y, según las últimas proyecciones, habría más de 30,000 hectáreas, de las cuales alrededor del 68% (20,400 hectáreas) son cultivadas sólo por 10 países (Cuadro 003). En Latinoamérica México y Brasil destacan como países hidropónicos.

2.1.9. Sistemas Hidropónicos

Barrios (2004) y Alvarado *et al* (2009) señalan que básicamente los sistemas de producción de cultivos hidropónicos se pueden clasificar en dos grandes grupos a saber según el tipo de sustrato que utilizan como sigue:

- a. Sistemas hidropónicos con sustrato líquido.
- b. Sistemas hidropónicos con sustrato sólido.

Cada uno de estos dos tipos de sistemas hidropónicos cuenta con una serie de variantes, que dependen básicamente de la forma en que se dispone el sustrato y el recipiente utilizado para ello. Por ejemplo en los sistemas hidropónicos con sustrato líquido se encuentran, el sistema de raíz flotante y el

sistema recirculante o NFT; para los sistemas hidropónicos que emplean sustrato sólido se cuenta con el sistema de canales, sistema de cajuela, etc.

2.1.9.1. Sistema Hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) o recirculante

Descripción del sistema

Alvarado *et al* (2009) mencionan que el Sistema Recirculante o NFT es un sistema de cultivo en agua, que consiste en la circulación continua de una solución nutritiva a través de unos canales donde desarrollan las raíces de las plantas. Así mismo el termino NFT (Nutrient Film Technique) fue denominado por el Dr. Allen Cooper, su creador, para indicar que la profundidad del flujo de nutrientes que pasaba a través de las raíces de las plantas debía ser muy pequeño, para que siempre dispongan del oxígeno necesario.

En la actualidad se han desarrollado diversas modificaciones de este sistema manteniendo el principio de la circulación de la solución nutritiva, bajo condiciones controladas (invernaderos) o al aire libre. Y se producen principalmente diversas variedades de lechuga. Aunque también se han cultivado albahaca, tomate, pepino y melón.

Componentes del sistema

Alvarado *et al* (2009) refiere que los componentes del sistema son los siguientes:

a) El tanque. Almacena la solución nutritiva y selección está determinada por el material del que está construido, también por el número de plantas que se pretende cultivar. Además, se deberían considerar las necesidades fisiológicas del cultivo en particular y la época del año. (Cualquier tanque o depósito usado para agua potable puede utilizarse, como los de asbesto, fibra de vidrio, etc.). Es necesario que el tanque permanezca protegido de la radiación solar para evitar el desarrollo de las algas. La tapa deber ser de

fácil remoción y debe facilitar el ingreso de parte final del tubo colector hacia su interior para que la solución nutritiva retorne por gravedad.

b) Canales de cultivo y tuberías accesorias. Permiten el paso de la solución nutritiva y se prefiere que sean de materiales como el PVC ya que presenta mayores ventajas como su fácil instalación, bajos costos y su resistencia a la corrosión. Y sus componentes son:

Tuberías de distribución: Distribuyen la solución nutritiva hacia los canales de cultivo. La dimensión de ellos depende del volumen que transportaran a través del sistema.

Tubería de recolección: Recoge la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el tanque. Esta se localiza en un nivel más bajo que la altura inferior de los canales, de esta forma la solución nutritiva descende por gravedad oxigenándose. Además esta tubería debiera ir en forma descendente hacia el tanque para facilitar su caída abruptamente sobre el remanente de solución nutritiva en el tanque, donde se producirá turbulencia y por lo tanto oxigenación. De esta es aconsejable dejar la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de solución nutritiva en el tanque para facilitar la aireación de esta (al menos 50 cm).

Canales de cultivo: Permiten el desarrollo del sistema radicular del cultivo. Estos no deben exceder de 15 m de largo, pues puede producirse una insuficiente oxigenación. Además, éstos son más difíciles de manejar durante la cosecha y la limpieza. Generalmente los canales más estrechos son aptos para plantas pequeñas como la lechuga mientras que los más anchos son apropiados para cultivos como tomate y pepinos, para evitar que la densa masa de raíces impida la circulación de la solución nutritiva.

c) Los tubos de PVC de 3" de diámetro presentan en su cara superior agujero perforado de 1" de diámetro, suficiente para el cultivo de las lechugas (18 cm), o utilizar tubos de PVC de 4" cortados por la mitad a todo lo largo

cubiertos con planchas de exoandido (termopor) perforadas. Los canales deben tener una pendiente de 2%, desde la parte más alta del canal descenderá a través de los canales hasta salir de estos y retornar al tanque. Pendientes superiores impiden el retorno adecuado de la solución nutritiva al tanque. Otro aspecto que es importante mencionar es que la forma del canal determina la altura de la película de solución nutritiva, los canales con sección cóncava, no permiten la obtención de una fina película circulante. Entonces se recomienda el uso de canales de sección triangular.

d) Los caballetes: Los canales de cultivos pueden estar ubicados sobre soportes de madera o fierro construidas de especialmente a la medida de las camas de se armen con los tubos PVC y a 1 metro del suelo aproximadamente.

e) Electrobomba. La electrobomba tiene la función de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo a través de las tuberías de distribución. Estas deben localizarse cerca al tanque y deben instalarse a un nivel superior a este. Para este tipo de sistema normalmente se requieren motores de pequeña potencia para su accionamiento (0.5 HP o 0.1 HP). El flujo de solución nutritiva debe ajustarse en aproximadamente 2-3 L/min. Este caudal permite una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. Para cultivos de mayor desarrollo radicular este flujo debe ser superior ya que la masa de raíces que se forma impide el paso de la solución nutritiva. El tiempo de funcionamiento de la electrobomba puede ser controlado a través de un reloj temporizador o timer, para los flujos intermitentes. También pueden instalarse sistemas de protección ante posibles fallas de la energía eléctrica como un grupo electrógeno.

Etapas del cultivo bajo el sistema recirculante

Rodríguez y Chang La Rosa (2013) indican para lograr una buena producción de plántulas, se debe considerar algunos factores como la variedad

del cultivo, sustrato, clima, manejo de la solución nutritiva. Dentro del proceso de cultivo en un sistema NFT, se consideran tres etapas: a) almácigo, b) primer trasplante o post almácigo y, c) trasplante definitivo.

a) Almácigo o semillero. Es la etapa para lograr una germinación rápida y uniforme de las semillas. Permite ganar tiempo y espacio: el crecimiento es más rápido y se obtienen altas densidades de plántulas en áreas muy pequeñas. En esta etapa se realizan los siguientes pasos.

Lavar el sustrato previamente tamizado. Deberá ser un sustrato inerte, como arena de río, de cantera, de cuarzo, piedra pómez o pumecita, etc. Colocar el sustrato en un contenedor pequeño previamente forrado con plástico negro. El contenedor puede ser una caja de fruta de baja altura (10 cm). También puede usarse bandejas almacigueras.

Nivelar el sustrato con una regla y hacer hileras de 0,5 cm de profundidad cada 5,0 cm.

Colocar las semillas cada 1 cm y luego cubrirlas con el sustrato. En las bandejas almacigueras se coloca una semilla por celda.

Humedecer el sustrato y regar diariamente sólo con agua hasta que germinen las semillas.

Cuando empiecen a aparecer las primeras hojas verdaderas, regar con solución nutritiva con la mitad de la dosis (2,5 ml de solución A y 1,0 ml de solución B por litro de agua) por 5 a 7 días.

b) Primer Trasplante o Post Almácigo. El trasplante se realiza en un pequeño sistema de raíz flotante, en pequeños contenedores de madera impermeabilizados con plástico negro grueso. Las plantas permanecerán en esta etapa aproximadamente dos semanas hasta que sus raíces hayan alcanzado una longitud adecuada para finalmente ser transplantadas a los canales de cultivo. En esta etapa se realizan los siguientes pasos: según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

Se extraen del almácigo las mejores plántulas, cuidando de no dañar las raíces y se colocan en agua limpia para lavar las raíces.

Se cortan tiras pequeñas de espuma o esponja y éstas se envuelven a la altura del cuello de las plántulas.

Se hacen pasar las raíces por los agujeros de una plancha de termopor de 0,5 ó 1,0" de grosor. Los agujeros son de 1,5 cm de diámetro, distanciados cada 5 cm.

Se coloca la plancha de termopor con las plántulas sobre la solución nutritiva preparada en el contenedor (5,0 ml de solución A y 2,0 ml de solución B por litro de agua).

Oxigenar la solución nutritiva por lo menos dos veces al día.

Controlar el pH y la CE de la solución nutritiva para lograr un adecuado crecimiento de las plántulas. Cuidar que el rango de pH esté entre 6,0 a 6,5 y que la CE no exceda de los 2,0 mS/cm.

c) **Transplante Definitivo.** En esta etapa las plantas estarán en los canales del cultivo hasta la cosecha, que dura aproximadamente 4 semanas. Considerar los siguientes pasos, según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

Elegir las mejores plantas, con raíces bien desarrolladas y extraerlas con cuidado de la plancha de termopor.

Las plantas se colocan en vasos plásticos perforados de 1 onza. No retirar la esponja o espuma y tener cuidado que las raíces atraviesen el orificio del vaso, de lo contrario podrían dañarse.

Colocar los vasos en los agujeros de los canales, cuidando que las raíces lleguen a la solución nutritiva.

Después de cada cosecha, se deben lavar y desinfectar los canales de cultivo y tuberías de distribución con una solución de hipoclorito de sodio comercial (lejía o blanqueador) al 1 %; haciéndola circular por 30 minutos y luego se enjuaga con agua. Si la cosecha es escalonada, se bloquea el

ingreso de la solución nutritiva en los canales cosechados y luego éstos se desinfectan y se limpian.

2.1.9.2. Sistema hidropónico Raíz Flotante

Descripción del Sistema

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), indican que de todos los métodos de cultivo sin suelo, el cultivo en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. En este tipo de sistema hidropónico, las plantas están soportadas en una plancha de poliestireno expandido (termopor) perforada para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido (solución nutritiva). Las hortalizas aprovechables por sus hojas que con frecuencia son cultivadas de esta forma son: lechuga, albahaca, apio, endivia, etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de especializar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. Cabe afirmar que esta técnica permite optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, logrando reducir su período vegetativo con un bajo consumo de agua. Además de la obtención de plantas saludables y libres de enfermedades lo cual genera importantes ventajas de tipo sanitario. Asimismo, permite el aprovechamiento de pequeñas áreas.

Componentes del sistema

a) Camas de madera para semillero. El semillero o almácigo no es otra cosa que un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas para garantizar la germinación o nacimiento de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas. Debe procurarse un cuidado especial al momento de la siembra para que no existan problemas en el desarrollo de las mismas. Para el almacigo se puede utilizar sustratos preparados arena fina + cascarilla de arroz a una relación 1:1; el sustrato no debe tener partículas muy grandes ni pesadas, porque estas no permitirían la emergencia de las plantitas recién germinadas. Las condiciones de humedad deben de ser controladas, ya que las semillas y las plantas recién germinadas no se desarrollarían sino

tienen la cantidad de agua suficiente. El sustrato usado para hacer los almácigos debe ser muy suave, limpio y homogéneo. El sustrato se debe nivelar muy bien para que al trazar los surcos y depositar las semillas no queden unas más profundas que otras; esto afectaría la uniformidad de la germinación y del desarrollo inicial. Un aspecto muy importante es que no se deben hacer los almácigos en tierra para luego trasplantarlos a sistemas hidropónicos con sustratos sólidos o líquidos, según Barrera (2004).

b) Camas de post-almácigo. En esta etapa se requiere un contenedor de madera de 40 cm × 60 cm × 15 cm (similar a los utilizados para embalar fruta) totalmente impermeabilizado y una plancha de termopor de 1/2" ó 1" de espesor, que flotará sobre la solución nutritiva. Al termopor se le hacen orificios con un tubo galvanizado caliente de 1,5 cm de diámetro. La distancia entre los orificios es de 5 cm entre sus centros y en forma triangular, Según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

c) Camas de Transplante definitivo. Esta etapa comienza cuando se transplantan las plántulas del post-almácigo a contenedores más grandes, generalmente de 1m × 1m × 0,1m y se requiere planchas de termopor de 1" ó 1½" con orificios hechos en forma similar como la descrita en la etapa anterior, sólo que el diámetro y las distancias de éstos son mayores porque aquí el cultivo adquiere mayor desarrollo hasta la cosecha. El diámetro de los orificios es de 2,5 cm y la distancia entre éstos es de 20 cm para el cultivo de lechuga. Según Rodríguez y Chang (2013).

d) Planchas de termopor. Una plancha de termopor o poliuretano actúa como soporte mecánico, tanto para la parte aérea de la planta (hojas y tallos como para la parte subterránea (raíces), el espesor de la plancha está comprendido desde 1" hasta 2" dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta. Según Alvarado *et al* (2001).

SAGARPA (s.f.) reporta que en la técnica de hidroponía es necesario conducir el desarrollo de las plantas por medio de estructuras especiales denominadas soportes o tutores, que tienen la función de proporcionar sostén y guía a las plantas que lo necesiten. El jitomate por ejemplo necesita un sostén para que su tallo soporte el peso de los frutos. El tutoraje requiere de materiales como; madera, plástico, fierro, cañas o bambú, alambre no muy grueso y flexible; para atar las plantas a los tutores se utiliza raffia, piola, hilaza, etc.

Etapas del cultivo bajo el sistema Raíz Flotante

Barrios (2004), Rodríguez y Chang La Rosa (2013) mencionan que el sistema de raíz flotante consta de tres etapas que son almácigo, post-almácigo y trasplante definitivo; sin embargo en algunas ocasiones se obvia la etapa de post-almácigo quedando únicamente dos etapas; almácigo y trasplante definitivo.

Cabe afirmar que esta técnica permite optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, logrando reducir su período vegetativo con un bajo consumo de agua. Además de la obtención de plantas saludables y libres de enfermedades lo cual genera importantes ventajas de tipo sanitario, según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

Cuadro N° 04. Etapas del Sistema Raíz Flotante

CULTIVO	ALMÁCIGO	POST-ALMACIGO	TRANS.DEFINITIVO
Lechuga	2-3 semanas	2-3 semanas	4 semanas
albahaca	2 semanas	-----	4 semanas
apio	2-3 semanas	4 semanas	8 semanas

Fuente: Chang, M. *et al.* 2012

a) Semillero o almácigo. El semillero o almácigo no es otra cosa que un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas para garantizar la germinación o nacimiento de las semillas y el crecimiento inicial de

las plántulas. Debe procurarse un cuidado especial al momento de la siembra para que no existan problemas en el desarrollo de las mismas, Barrios (2004).

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), afirman que la siembra de las semillas se realiza directamente en un sustrato de partículas homogéneas y finas (menor 0,5 mm), ya sea en contenedores de madera o en bandejas de plástico. Después de la germinación, cuando aparecen las primeras hojas verdaderas, se inicia el riego con la solución nutritiva.

b) Primer trasplante o Post Almacigo. Las plántulas se extraen del almacigo, se lavan las raíces de los residuos del sustrato, se envuelve el cuello de la plántula con un pedazo de espuma para que quede sujeta en el orificio del termopor, de tal forma que las raíces quedan sumergidas en la solución nutritiva. Usualmente se agrega al contenedor 10 litros de solución nutritiva antes de iniciar el trasplante, según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

c) Trasplante definitivo. Esta etapa comienza cuando se trasplantan las plántulas del post-almácigo a contenedores más grandes orificios hechos en forma similar como la descrita en la etapa anterior, sólo que el diámetro y las distancias de éstos son mayores porque aquí el cultivo adquiere mayor desarrollo hasta la cosecha. El diámetro de los orificios es de 2.5 cm y la distancia entre éstos es de 17 a 20 cm para el cultivo de lechuga; para un área de un metro cuadrado se pueden colocar entre 25 a 30 lechugas, Según Barrios, (2004).

d) Cosecha. Se recomienda realizar la recolección de las plantas muy temprano en las mañanas o en las tardes, retirándole las hojas basales secas y dañadas, según Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), indican que después del primer trasplante o la cosecha, el termopor se lava con agua y luego se desinfecta, sumergiéndolo en una solución de hipoclorito de sodio (lejía o blanqueador) al 10%. De la misma manera, las camas se deben vaciar, eliminando la solución

nutritiva, y limpiando con suficiente agua. Quedando lista para el trasplante ese mismo día. La siembra, los trasplantes y la cosecha deben ser coordinadas para conseguir un ciclo continuo de la producción.

2.1.9.3. Sistema Hidropónico Sustrato Sólido

Descripción del sistema

Córdova (2005), definen que el sustrato de cultivo en un medio sólido tiene una doble función; la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Asimismo el sustrato debe presentar un balance adecuado entre sus fases, se espera que tengan un 30% de estado sólido, 30% de estado gaseoso y 40% de estado líquido, en relación al volumen total, Barquero (2003) citado por Córdova (2005).

Rodríguez y Chang La Rosa (2013) señalan que en el cultivo en sustratos difiere de los sistemas de cultivo en agua o en soluciones nutritivas en que las raíces de las plantas se desarrollan sobre un medio sólido que sirve principalmente de soporte a las plantas. Se han desarrollado diversas modalidades de cultivo en sustrato dependiendo de las características del material que se emplee. En los sistemas que utilizan sustratos se pueden cultivar todo tipo de hortalizas y también plantas ornamentales.

El cultivo en sustrato sólido se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más recomendado para quienes se inician en HIDROPONIA; en lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato, el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad, y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz. Este sustrato debe ser inerte, o sea no debe contener sustancias que reaccionen con la solución nutritiva, no contener sustancias tóxicas para las plantas y debemos evitar en lo posible que esté contaminado con materia orgánica o limo pues esto puede favorecerla

incidencia de enfermedades, según reporta el CEAF (Centro de Estudios Agrícolas y Forestales) (2008).

Tipos de sustrato

Entre los sustratos empleados más comúnmente en hidroponía se cuentan: arena, grava, ladrillos quebrados y/o molidos, Perlita, vermiculita (Silicato de Aluminio), Peat Moss (turba vegetal), aserrín, resinas sintéticas (Poliuretano), cascarilla de arroz, carbón vegetal, etc. Según el CEAF (2008). Los tipos de sustrato a emplearse son:

Perlita. Conocido también con el nombre de Agrolita, la cual es un material volcánico con excelentes propiedades en cuanto a aireación y retención de humedad. Se vende como mejorador para tierras de cultivo y no es difícil de conseguir. Se trata de una "pedrecilla" con diámetros entre 1 y 4 mm., de color blanco y es muy ligera (si le soplas cuando está seca, vuela). Utilizando este sustrato, el riego con solución nutritiva puede ser cada 3 días.

Grava. La grava es mucho más barata y facilita la renovación de aire para las raíces, pero al no ser absorbente, las partículas de grava comienzan a secarse después de pocas horas, por lo que se debe regar con bastante frecuencia (tres veces por día), o en forma automatizada, por lo cual este sustrato se recomienda para cultivos de producción elevada, empleando un equipo eficiente de bombas y un buen sistema de drenaje, recirculando la solución nutritiva.

Arena de Tezontle. Un buen sustrato con características en un punto medio respecto a los mencionados es el tezontle, molido de tal forma que las partículas mayores sean de unos 6mm. Para lograr una proporción sustancial de partículas gruesas y polvo; éste es barato y se puede emplear tanto a nivel casero como en camas de cultivo para producción.

Arena. Se considera como arena todo material inorgánico natural con partículas redondas o anguladas de diámetros comprendidos entre 0.2 y 2.5mm. Una manera rápida de comprobar si tiene sustancias tóxicas consiste en hacer germinar unas cuantas semillas en una pequeña muestra de arena humedecida con agua; si las plántulas se ven saludables, la arena es adecuada. La mejor arena a usar es quizá la de río (lavado), aunque se pueden usar con éxito otro tipo de arenas.

Guzmán *et al* (2004), mencionan que pueden utilizarse como sustrato materiales de origen inorgánico o mineral u sustratos de origen orgánico. A continuación se presentan la definición de cada uno y sus ejemplos:

a) Sustratos Orgánicos: Comunes son la granza de arroz, la fibra de coco, el carbón vegetal y la cáscara de macadamia; todos materiales biodegradables, o sea que se van descomponiendo poco a poco con el tiempo. Relativamente no duran mucho tiempo si son comparados con los sustratos inorgánicos; principal inconveniente si se pretende establecer una producción comercial continúa a largo plazo. Debe prestarse especial atención a la fibra de coco, básicamente en dos aspectos: en primer lugar, debe lavarse muy bien debido a que mantiene cierta cantidad de otras sales (alteran la conductividad eléctrica) y en segundo lugar, debe almacenarse en lugares frescos, claros y ventilados, debido a que le gusta mucho a las babosas. Por su parte, la cascarilla de arroz también debe lavarse muy bien para eliminar, en este caso, la puntilla (harina), granzas enteras y los residuos de herbicidas.

b) Sustratos Inorgánicos: La piedra volcánica, roja o negra, piedra pómez, arena de río, arenón, piedra "quintilla" y otras, son materiales mucho más duraderos que los orgánicos. Tienen también la ventaja de ser más fáciles de desinfectar, pero su inconveniente es el manejo, debido al peso. En siembra directa moje con suficiente agua el sustrato después de sembrar para asegurar la germinación, y manténgalo húmedo los días siguientes; normalmente son 2 aplicaciones de solución nutritiva; la primera entre las 6 y 7 de la mañana y la

segunda, alrededor del mediodía, y es preferible dirigir la aplicación a la raíz y no al follaje; utilice entre 2 y 5 litros de solución nutritiva por m² por día.

Características de un buen sustrato

FAO (2003), reporta que los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debería ser portador de ninguna forma viva de macro o micro organismo, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, a las personas o a los animales que las van a consumir. Lo más recomendable para un buen sustrato es:

Que las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0,5 y no superior a 7 milímetros

Que retengan una buena cantidad de humedad (ver la capacidad de retención de distintos materiales en el suelo en el Anexo II), pero que además faciliten la salida de los excesos de agua que pudieran caer con el riego o con la lluvia

Que no retengan mucha humedad en su superficie

Que no se descompongan o se degraden con facilidad

Que tengan preferentemente coloración oscura

Que no contengan elementos nutritivos

Que no contengan micro organismos perjudiciales para la salud.

Que no contengan residuos industriales o humanos

Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar

Características del contenedor

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), indican que el contenedor donde se colocará el sustrato debe tener orificios o mangueras de drenaje para facilitar la salida del exceso de agua y evitar la asfixia radicular que limita el desarrollo de la planta y la puede hacer susceptible al ataque de patógenos. El sustrato

elegido puede ser colocado en cajas de madera, marcos de madera, parihuelas de embalaje previamente impermeabilizadas con polietileno de color negro de 6 a 8 micras de espesor.

Cabe señalar También que los autores Rodríguez y Chang La Rosa (2013), mencionan que el sustrato puede colocarse en mangas de polietileno de diámetros que van de 30 cm a 50 cm colocadas en forma horizontal a nivel del suelo; la longitud de la manga de polietileno puede variar de 1,0 m hasta 1,5 m con la finalidad de facilitar su manejo. Este sistema de cultivo en mangas es para tomate, pimiento, pepinillo, berenjena, etc. La profundidad del contenedor dependerá de la altura de sustrato necesario de acuerdo a la etapa y al tipo de cultivo. Para almácigos se requiere una altura mínima de sustrato de 5 cm. Para siembra directa o transplante definitivo, la altura del sustrato puede variar de 7 cm a 10 cm para hortalizas de hoja, (acelga, espinaca, lechuga, albahaca, etc.), u hortalizas de fruto (tomate, pimiento, pepinillo). Sin embargo, las hortalizas de raíces y tubérculos (zanahoria, nabo, betarraga, etc.) requieren una altura mínima de sustrato de 20 cm.

Riego del sustrato

El riego depende básicamente del tamaño de las partículas (granulometría). En aquellos sustratos de granulometría fina (menores de 0,5 mm) será necesario reducir la frecuencia del riego, mientras que, en los sustratos con granulometría gruesa (mayores de 2 mm) se recomienda hacer un riego en exceso; sin embargo, la edad del cultivo y las condiciones climáticas son indicadores de la frecuencia del riego. En días con altas temperaturas y excesiva radiación solar se realizarán más riegos que en días nublados con bajas temperaturas. El riego manual del sustrato se realiza hasta saturar su capacidad de retención de agua de tal manera que el exceso drenará inmediatamente, lo que permitirá determinar la cantidad (volumen) de agua o solución nutritiva por planta y el intervalo entre los riegos, según mencionan Rodríguez y Chang La Rosa (2013).

2.1.10. Solución nutritiva (nutrientes para el cultivo Hidropónico)

FAO (2003), reporta que los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su carencia se traducen en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta.

Las plantas toman sus alimentos minerales de las soluciones previamente preparadas en forma adecuada, y sus elementos orgánicos los elaboran autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis, según Alvarado *et al.*, 2001 citado Córdova (2005).

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), afirman que la solución nutritiva es el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella; los que se añaden a través de sales o fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas para su crecimiento y desarrollo. No existe una solución nutritiva óptima para todos los cultivos, debido a que no todos los cultivos tienen las mismas exigencias nutricionales. Son 13 los nutrientes minerales esenciales que toda solución nutritiva debe proporcionar a las plantas: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cloro, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno. Cada uno de estos nutrientes minerales debe estar dentro de un rango óptimo en la solución nutritiva para lograr una nutrición balanceada de las plantas y así obtener mayores rendimientos

Un aspecto muy importante para lograr una producción óptima en cualquier sistema hidropónico es ser capaz de proporcionar a las plantas la combinación precisa de nutrientes que necesitan. La principal causa para que

ocurra una situación no óptima en un sistema hidropónico es una solución nutritiva totalmente desbalanceada. La nutrición sólo es un factor entre varios factores que afecta el crecimiento de las plantas.

Los autores también manifiestan que la solución hidropónica La Molina fue obtenida luego de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. La solución hidropónica La Molina consta de dos soluciones concentradas, denominadas A y B, respectivamente. La solución concentrada A contiene N, P, K y Ca, y la solución concentrada B aporta Mg, S, Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo.

Solución Concentrada A:

(Cantidad de fertilizantes para 5,0 litros de agua, volumen final)

Nitrato de potasio 13,5% N, 45% K₂O 550,0 g

Nitrato de amonio 33% N 350,0 g

Superfosfato triple 45% P₂O₅, 20% CaO 180,0 g

Solución Concentrada B:

(Cantidad de fertilizantes para 2,0 litros de agua, volumen final)

Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S 220,0 g

Quelato de hierro 6% Fe 17,0 g

Solución de Micronutrientes 0,4

2.1.11. Ventajas de los cultivos Hidropónicos

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación) (s.f.), reporta que esta técnica de producción intensiva de plantas, que se caracteriza por abastecer el agua y los nutrientes de manera controlada y de proporcionar a las plantas los elementos nutritivos en las concentraciones y proporciones más adecuadas, a través de una solución de elementos esenciales (N, P, K, Ca, Mg, S., etc.). Para su aplicación se utilizan sustratos inertes diferentes al suelo a los que se les adiciona en forma

constante una solución nutritiva, preparada a partir de fertilizantes comerciales; con esto se logra un medio que proporciona las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo de los cultivo, y por ello presentan muchas ventajas que a continuación se mencionan:

Mayor eficiencia en la regulación de la nutrición.

Utilización más eficiente del agua y los fertilizantes.

Bajo costo en la desinfección del medio de cultivo.

Mayor densidad de plantas

Mayor producción por unidad de superficie y mayor intensidad del uso del terreno.

Generación de empleo utilizando la mano de obra de la región.

Aprovechamiento de pequeñas superficie en el traspatio para la producción de alimentos.

2.1.12. Desventajas de los cultivos hidropónicos

Rodríguez y Chang La Rosa (2013), indican que antes de iniciar un proyecto hidropónico, es importante conocer el manejo agronómico del cultivo porque, muchos proyectos, sobre todo aquellos con «llave en mano», han fracasado debido a las falsas expectativas de altos retornos que ofrecían y ofrecen las empresas proveedoras, sin tener en cuenta el conocimiento de las plantas, plagas y enfermedades. Según el Dr. Merle Jensen «la hidroponía es una tecnología atractiva, frecuentemente sobre simplificada, la cual es más fácil de promover que de sostener, entre las desventajas se pueden señalar:

La dependencia de adquirir un proyecto con paquete «llave en mano» puede desalentar su continuidad, por los elevados costos de producción. Es mejor hacer pequeños ensayos y, con la experiencia adquirida, ir montando su propio proyecto.

El desconocimiento del sistema hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo. Es muy importante tener o recibir una previa capacitación.

El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos. El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento del manejo agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, riegos, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí.

La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición y afectar la apariencia y calidad de las plantas.

Empezar a buscar dónde colocar las hortalizas producidas justo en el momento cuando están por cosecharse. Antes de iniciar el proyecto es importante conocer el mercado y tener una lista de potenciales clientes. Se recomienda producir aquellos cultivos rentables.

La falta de constancia y dedicación en las labores culturales pueden provocar una fuerte pérdida de plantas. No hay que olvidar que el éxito de cualquier negocio se basa en la dedicación y el esfuerzo de los que están comprometidos en él. Pues nada es fácil, todo se logra con cariño, esfuerzo y dedicación.

2.1.13. Microorganismos Eficaces o Eficientes

2.1.13.1. Generalidades

Sierra (2010), señala que la tecnología Microorganismos eficientes (EM) fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, profesor de horticultura de la universidad de Ryukyus en Japón. Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializado estaba en su mezcla ,desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países del mundo.

La EM Research Organization (EMRO), fundada en Japón en 1994, divulga la tecnología EM por todo el mundo a través de asociaciones sin fines de lucro y con el compromiso de las mismas de no obtener ganancias pecuniarias en la difusión de dicha tecnología, según reporta la BID-convenio fondo especial Japón (Banco Interamericano de Desarrollo) (2009).

Piedrabuena (2003), indica que los Microorganismos Eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Además mediante su acción cambian el micro y macro Flora de los suelos y mejoran el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se conviertan en suelos supresores de enfermedades, y ésta se transforme a su vez en tierra (suelo) azimogénico. A través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

2.1.13.2. Microorganismos Eficientes (EM) en el Mundo

En 1993 Corea del Norte introdujo la tecnología EM (Microorganismos Eficientes) en agricultura de manera experimental, obteniendo como resultados el incremento de las producciones del cultivo con una calidad de productos mayor a los que se cultivaron con procesos convencionales. En 1994, aproximadamente 80 hectáreas fueron cultivadas usando EM (Microorganismos Eficientes) obteniendo los mismos resultados. En 1997 ya ascendían a 600,000 las hectáreas cultivadas con EM. Gracias a esta modalidad de producción se logra mantener un desarrollo sostenible y un equilibrio ecológico. Es así como el gobierno de Corea del Norte ha hallado la manera de solucionar los problemas de escasez de alimentos, según Hurtado (2001) citado por Toalombo (2012).

De igual forma Japón ha implementado este método en sus cultivos, hasta tal punto que hoy en día existen nueve centros de extensión agropecuario contando con el apoyo de 700 agricultores capacitados para dar asistencia en el uso de la tecnología EM. Más de 2 millones de hogares reciclan hoy sus desechos de cocina usando la tecnología EM los cuales son utilizados como abonos orgánicos en dichos cultivos.

Científicos de la Universidad de Wageningen (Holanda) han evaluado el efecto del EM en la producción de maíz y pasturas hallando incrementos en la fotosíntesis, crecimiento y productividad. Se estudió además el efecto de EM sobre la materia orgánica y la micro flora nativa del suelo, encontrando que la aplicación de EM incrementó la cantidad de materia orgánica y no tuvo ningún impacto negativo sobre la micro flora del suelo, según Hurtado (2001) citado por Toalombo (2012).

2.1.13.3. Modo de acción de los microorganismos eficientes

Hurtado (2001) citado por Toalombo (2012), manifiesta que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

2.1.13.4. Tipos de microorganismos presentes

Bacterias Ácido Lácticas

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y, Biosca (2001), manifiestan que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las

bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

Bacterias fotosintéticas

Biosca (2001), reporta que son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes.

Flores y Arias (2006), manifiestan que Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas y otras útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas como hormonas y enzimas producidas por levaduras promueven células activas y división radicular. Estas secreciones también sirven como sustratos para otros microorganismos eficientes como bacterias ácido láctico y actinomicetos. Las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son: ***Saccharomyces cerevisiae*** (IFO 0203), ***Candida utilis*** (IFO 0619), Hongos (*fungi*), ***Aspergillus oryzae*** (IFO 5770), ***Mucor hiemalis*** (IFO 8567)

Levaduras

Biosca (2001) citado por Toalombo (2012), indica que estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras,

promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. EARTH (2008), manifiesta que la levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos.

Actinomicetes

APNAN (2003) citado por Toalombo (2012), manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas). Benefician el crecimiento y actividad del *Azotobacter* y de las micorrizas.

Hongos de Fermentación

APNAN (2003) citado por Toalombo (2012), reporta que los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteroides y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales.

2.1.13.5. Aplicación de microorganismo eficientes

IDIAF (2009) citado por Toalombo (2012), reporta que la aplicación de EM al suelo retiene más agua. Este cambio implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos. Esto se ve en el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad microbiana, como por el equilibrio iónico que aporta EM al suelo, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua. Asimismo también el IICA (2013) que el EM no es un sustituto de otras prácticas de manejo agrícola, sino que es una herramienta adicional para optimizar las mejores prácticas de manejo de suelo y cultivo.

Los Microorganismos eficientes se pueden utilizar en las siguientes.

En semilleros

Silva (2009) citado por Toalombo (2012), indica que existe aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

En las plantas

Silva (2009) citado por Toalombo (2012), manifiesta que genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

En los suelos

Silva (2009) citado por Toalombo (2012), señala que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se enmarcan en:

a) Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos

capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

b) Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijados, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

c) Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

2.2. ANTECEDENTES

Vera (2008) señala en su investigación (Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa*) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo) donde utilizó el diseño experimental "Bloque Completamente al Azar" con 4 tratamientos y 4 repeticiones llegó a resultados: en lo que corresponde a tamaño de raíz obtuvo promedios de longitud de raíz, el tratamiento 1 (AMERICANA) con el valor más alto 27.86 cm. siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, el menor valor se dio en el tratamiento 3 (WHITE BOSTON) con una longitud de 16.30 cm pero estadísticamente igual al tratamiento 4 (AMORIX) con 18,73 cm con un coeficiente de variación del 11.11 %. Y en cuanto a la los promedios de altura de planta; el tratamiento 3 (WHITE BOSTON), alcanzó el mayor valor en altura de planta con 32.58 cm, siendo superior estadísticamente al resto, el menor valor lo dio el tratamiento 4 (AMORIX) con 20.38 cm y siendo estadísticamente igual al tratamiento 1 (AMERICANA), con un valor de 21,68 cm.

Garzón (2006) en su trabajo de investigación (Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes) señala que se utilizó bloques completamente al azar (BCA) en el que se analizaron dos tratamientos (Etapa final), con dos bloques (cada bloque consta: dos mesas largas y dos mesas cortas), dos repeticiones y tres variedades de lechuga para un total de 24 unidades experimentales. Los tratamientos fueron dos (Etapa final): Solución 1 (N=143, P=27, K=159, Ca=39, Mg=16, Cu=0.02, Fe=3,75, Mn=0.38, Zn=0.38, B=0.38 ppm) y Solución 2 (N=190, P=36, K=212, Ca=53, Mg=21, Cu=0.02, Fe=5, Mn=0.5 Zn=0.5, B=0.5 ppm). En lo que respecta al peso de plantas y producción en la etapa final la variedad Parris que estuvo con la solución 2 y las variedades Vulcan, Parris con la solución 1, mostraron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$), la variedad Verónica no mostró diferencia significativa con los dos tratamientos. En cuanto a los valores foliares no se realizó análisis foliar de la variedad Verónica, ya que carecía de 12 hojas maduras con los dos tratamientos, la variedad Parris con la solución 2 los niveles de Ca y Mg fueron bajos en comparación con la solución 1 los niveles del K, Ca y Mg fueron bajos. La variedad Vulcan con el resto de elementos, con excepción del K, Ca y Mg, estaban en niveles óptimos con los dos tratamientos, Fe y Mn estuvieron siempre altos con los tratamientos y Zn alto en Vulcan con la solución 1 .

El mismo autor resalta que su investigación le sirvió para validó la recomendación de usar el transplante a los 15 días después de siembra, colocar las plantas en el sistema NFT con una solución de adaptación (N=49, P=12, K=57, Ca=21, Mg=7, Cu=0.6, Fe=0.8, Mn=1.4 Zn=0.7 y B=0.4 ppm) por siete días. Cabe señalar que también el autor señala que la producción de lechuga hidropónica bajo el sistema NFT (ha), fue de 10.85 t/ha de variedad Parris, 4.56 t/ha de variedad Vulcan y 2.47 t/ha de variedad Verónica. La variedad Parris obtuvo el mayor peso (167 g/planta) con la solución 2 en la etapa final (N=89, P=26, K=125, Ca=31, Mg=13, Cu=1.1, Fe=2.3, Mn=2.5 Zn=1 y B=0.9 ppm), las variedades Vulcan (72 g/planta) y Verónica (52 g/planta)

obtuvieron pesos muy bajos. El consumo de agua (L/planta) y nutrientes (kg/t) fue: Solución 2 5.7 (N=4.05, P=0.60, K=3.11, Ca=0.97, S=0.45, Mg=0.41, Cu=0.05, Fe=0.02, Mn=0.07, Zn=0.04 y B=0.002) y Solución 1 5.3 (N=0.63, P=0.13, K=0.71 Ca=0.06, S=40, Mg=10, Cu=0.4, Fe=4, Mn=1, Zn=0.05 y B=0.04).

García *et al* (2007), realizaron la investigación evaluación de dos sistemas hidropónicos (abierto y cerrado) con relación al uso de solución hidropónica reciclada y producción de jitomate de exportación. En este experimento se trató de probar la resistencia de los materiales de reciclaje, y también el reciclaje de la solución nutritiva para evitar la pérdida de los fertilizantes. El Triángulo de Relaciones de Proporciones Mutuas de Nutrientes propuesto por Steiner (1980 y 1984), relaciona las proporciones óptimas de aniones y cationes en una solución nutritiva. Si se toma como referencia las concentraciones utilizadas por algunos autores y referidos en la Tabla 5, se observa que las concentraciones iniciales promedio observadas, NO_3^{1-} y K^{1+} estuvieron dentro de los rangos; SO_4^{2-} , Ca^{2+} y Mg^{2+} estuvieron por arriba y $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ estuvo abajo. En las concentraciones finales promedio observadas (después de reciclar, hasta disminuir un 20% la Conductividad Eléctrica), NO_3^{1-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$ y K^{1+} , estuvieron muy por debajo; Ca^{2+} muy cerca del rango, Mg^{2+} en rango y SO_4^{2-} estuvo arriba.

En lo que respecta al consumo y ahorro de agua el autor refiere que en un ciclo de cultivo (septiembre – enero), se determinó que el riego total promedio para cada una de las plantas fue de 241.86 litros de solución nutritiva. El consumo total promedio fue de 141.55 litros por planta, por lo que se reciclaron en promedio 100.31 litros/planta de solución nutritiva (agua con fertilizantes), lo que representa un ahorro de agua del 41.5%. Los resultados obtenidos en el experimento están por arriba de las cantidades moderadas del 20 a 30% encontradas por Okano *et al.* (2000)

Peñañiel y Donoso (2004) citado por Toalombo (2012), mencionan en su investigación "Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos Eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha-435" y obtuvieron las siguientes conclusiones: De las cuatro dosis de EM y un testigo evaluadas, se puede concluir en base al rendimiento en Kg/planta que no hubo diferencias estadísticas entre estos tratamientos y el testigo, a pesar que el tratamiento 4 logró el mejor peso en la 1er cosecha con un peso promedio de 321.1 gr. En lo referente a las variables días a la 5 y 7 cosecha se puede determinar que el tratamiento 3 con 68.93 días y el tratamiento 2 con 78.33 días respectivamente, obtuvieron una mayor precocidad para estas variables. El tratamiento 1 se colocó en primer lugar con respecto al número de flores del 1 racimo floral y número de frutos por racimos con un promedio de 1.133 cada uno. En lo referente a la calidad se pudo observar que el testigo presento más precozmente el ataque de mildiu vellosa.

Valverde (2008) en su trabajo de tesis: "Efecto de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas hidropónicamente en verano. Encontró que el mejor tratamiento para el peso fresco aéreo resulto ser el de malla negra al interactuar con el cultivar Fanfare (375,49 g por unidad); y que los promedios más bajos lo obtuvo con la malla aluminizada. La mayor concentración de nitritos se obtuvo con el tratamiento de malla aluminizada (0,54-1,15 μMNO^{-2} g PF^{-1} h^{-1}), mientras que la menor concentración de nitritos se detectó para los 5 cultivares desarrollados bajo tratamientos de malla azul.

Para el parámetro de altura de planta el autor obtuvo 27,13 cm como mejor promedio, con malla aluminizada, pero no recomienda que las plantas alcancen estas altura porque sus tallos son delgados y las hojas delgadas; para el peso fresco de raíz el mejor promedio fue de 17,41 g; y para el peso fresco de la parte aérea 167,10 gramos. Para el parámetro peso fresco total la variedad Fanfare obtuvo 392,91 gramos en promedio por planta.

AMBIEM-ENRO's PARTNER BRAZIL (s.f.), reporta en su trabajo sobre los avances de la Tecnología EM™ en Brasil en el campo de Hidroponía. La metodología de implantación consistió en usar los propios productores como área de ensayo. Para eso, no se hizo ningún ajuste ni alteración en el sistema hidropónico, apenas se experimentaron diferentes dosis del EM•1®-Activado diluido directamente en los tanques de bombeo una vez por semana durante todo el ciclo productivo del cultivo. "Los trabajos iniciales fueron hechos con lechuga americana, una de las más difíciles de ser producidas por los requerimientos nutricionales y por la alta incidencia de enfermedades. Luego se probó con pepino japonés y tomate. Las dosis experimentales fueron las siguientes: Aplicando una vez por semana durante todo el ciclo productivo, diluyendo el EM•1®-Activado directamente en el tanque de bombeo.

1 L de EM•1®-Activado por cada 500 L de solución nutritiva

1 L de EM•1®-Activado por cada 1000 L de solución nutritiva

1 L de EM•1®-Activado por cada 2000 L de solución nutritiva

1 L de EM•1®-Activado por cada 5000 L de solución nutritiva.

También AMBIEM-ENRO's partner Brazil (s.f.), reporta que si bien los resultados en el suelo son más lentos y difíciles, la hidroponía es una plataforma de experiencias y ensayos que no deja dudas de la contribución de la Tecnología EM para los sistemas de producción. "Por otro lado, los resultados obtenidos han demostrado que el EM•1® es una herramienta de grande utilidad para la hidroponía, y ha logrado alcanzar uno de los más altos niveles de producción si comparado con los sistemas tradicionales.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis general

Si sembramos la lechuga híbrida Rosabella roja (*Lactuca sativa* L.) bajo diferentes sistemas hidropónicos con la aplicación de Microorganismos Eficaces

(EM), entonces tendremos diferencias significativas en el rendimiento del cultivo.

Hipótesis específicas

Si sembramos el híbrido rosabella roja en el sistema hidropónico NFT o recirculante con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), entonces habrá efecto significativo en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida.

Si sembramos el híbrido rosabella roja en el sistema hidropónico Raíz Flotante con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), entonces habrá efecto significativo en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida.

Si sembramos el híbrido rosabella roja en el sistema hidropónico Sustrato Sólido con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM), entonces habrá efecto significativo en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida.

Sí, existen diferencias estadísticas significativas entre los sistemas hidropónicos con aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en el peso fresco total, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, número de hojas por planta, altura de planta y longitud de raíz de lechuga híbrida.

2.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro N°05. Variables y operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente: Sistemas hidropónicos	Tipos de sistemas hidropónicos	<p>T1: Sistema hidropónico NFT o recirculante c/n 1 Litro EM activado /200 Litros sol. Nutritiva preparado</p> <p>T2: Sistema hidropónico Raíz flotante c/n 1 Litro EM activado /200 Litros sol. Nutritiva preparado</p> <p>T3: Sistema hidropónico sustrato solido c/n 1 Litro EM activado /200 Litros sol. Nutritiva preparado</p>
Dependiente: Rendimiento	Número Tamaño Peso	<p>Peso fresco total (raíz, tallo y hojas)</p> <p>Peso fresco de la parte aérea</p> <p>Peso fresco de raíz</p> <p>Numero de hojas por planta</p> <p>Altura de planta</p> <p>Longitud de raíz</p>
Variable interviniente		
Condiciones de la Unidad de Hidroponía Cayhuayna	Clima	Temperatura, humedad, viento, luz solar, precipitación.
	Zona de vida	monte espinoso – Premontano Tropical (mte – PT).
	Agua y sustrato	Propiedades físicas. Textura estructura propiedades químicas pH

Fuente: Elaboración propia

III. MATERIALES METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION

La tesis se realizó en las instalaciones de la Unidad de Hidroponía de la Escuela Académico Profesional de Agronomía-Facultad de Ciencias Agrarias de la universidad nacional Hermilio Valdizán – Cayhuayna-Huánuco.

Ubicación política

Región : Huánuco
Provincia : Huánuco
Distrito : Pillco Marca
Lugar : IIFO-UNHEVAL

Posición geográfica

Latitud Sur : 9° 2' 00"
Longitud Oeste : 76° 11' 28"
Altitud : 1931 msnm

Condiciones agroecológicas

Según, el Instituto de Recursos naturales (INRENA), el área donde se realizó el experimento se encuentra en la zona de vida monte espinoso–Premontano Tropical (mte–PT)

3.2. CONDICIONES CLIMATICAS

Los registros de las condiciones climáticas en la zona de Cayhuayna del distrito de Pillco Marca-Huánuco, correspondientes a los promedios mensuales durante los meses de experimentación, fueron obtenidos de la estación meteorológica SENAMHI- ubicada en los campos de la Universidad Nacional

Hermilio Valdizán, siendo la temperatura promedio de 23 °C y la humedad relativa promedio de 58,80 %.

3.3. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

Tipo de Investigación

El presente trabajo es una investigación aplicada porque se emplearon conocimientos científicos en los sistemas hidropónicos, aplicando y generando nuevas técnicas de manejo del cultivo de lechuga.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es experimental, porque se manipularon la variable independiente (sistemas hidropónicos), y se midió la variable dependiente (rendimiento) y se comparó entre ellos.

3.4. POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS

Población

La población estuvo constituida por 54 plantas por cada sistema hidropónico, haciendo un total de 162 plantas de lechuga Rosabella roja por experimento.

Muestra

Se tomaron los datos de rendimiento de diez plantas por cada sistema hidropónico, haciendo un total de 60 plantas muestreadas.

Tipo de muestreo

El muestreo para seleccionar las plantas que se evaluaron, se realizó de forma aleatoria simple, donde todas las plantas tuvieron la misma probabilidad de formar parte de la muestra.

Unidad de análisis

La unidad de análisis se constituyó por cada planta de lechuga del cual se obtuvieron los datos.

3.5. FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Cuadro N° 06. Factor y tratamientos en estudio

FACTOR	TRATAMIENTOS
Sistemas Hidropónicos (NFT, Raíz Flotante y Sustrato Solido)	<p>T1: NFT o recirculante (5 ml de EM activado/1 litro de agua)</p> <p>T2: Raíz flotante (5 ml de EM activado/1 litro de agua)</p> <p>T3: sustrato solido (5 ml de EM activado/1 litro de agua)</p>

Fuente: Elaboración propia

3.6. PRUEBA DE HIPOTESIS

3.6.1. Diseño de la investigación

Experimental con Diseño Completo al Azar (DCA), constituido de tres tratamientos (sistemas hidropónicos).

- a) modelo estadístico lineal para un diseño completamente al azar .El análisis se ajusta a la siguiente ecuación

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dónde:

Y_{ij} = es la respuesta (variable de interés o variable medida)

U = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i.

E_{ij} = es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij}, donde

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Análisis de la Varianza para el modelo $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

H₀: $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$

H_a: al menos un efecto de un tratamiento es diferente de los demás

b) Metodología

Se utilizó el Análisis de Variancia (ANDEVA) al 5 y 1 %, para determinar la significación estadística entre tratamientos aplicando la prueba de Fisher "F". Para la comparación de los promedios la Prueba Rangos Múltiples de DUNCAN, al 5 y 1 % de nivel de significancia.

Cuadro N° 07. Esquema de Análisis de Variancia para el diseño (DCA)

Fuente de Variación (F.V.)	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Cuadrado Medio (C.M.)	F calculado (F cal)	F de tablas (F tab)
Tratamientos	t-1	S.C. T.	$\frac{SCT}{G.L.T}$	$\frac{C.M.T}{C.M.error}$	F _α (V1, V2)
Error	$\sum_{i=1}^t r_i - t$	S.C. error	$\frac{SCE}{G.L.error}$		
TOTAL	$\sum_{i=1}^t r_i - 1$	S.C. total			

Fuente: Verduzco. 2009. uso de calc de openoffice en el análisis de diseños experimentales

3.6.2. Características del campo experimental

Campo experimental:

Longitud del campo experimental	: 7,0 m
Ancho del campo experimental	: 3,10 m
Área de caminos (21,7 – 9,45)	: 12,25 m ²
Área total del campo experimental (4,25x 3,10)	: 21,7 m ²

Parcelas de los tratamientos (camas)

Tratamientos en estudio	: 3
Longitud de cama	: 2,10 m
Ancho de la cama	: 0,75 m
Área de la cama (2,10 x 0,75)	: 1,6 m ²
Área total de las camas de los tratamientos	: 9,6 m ²

Densidad:

T1 (NFT)

Distanciamiento entre planta	: 0.20 m
Distanciamiento entre línea (tuberías)	: 6 cm

T2 (Raíz Flotante)

Distanciamiento entre plantas	: 0.20 m
-------------------------------	----------

T3 (Sustrato Solido)

Distanciamiento entre plantas	: 0,20 m
-------------------------------	----------

El presente trabajo investigación es experimental y su forma de diseño es: diseño completos al azar (DCA) que está constituido por 3 sistemas hidropónicos, con dos repeticiones.

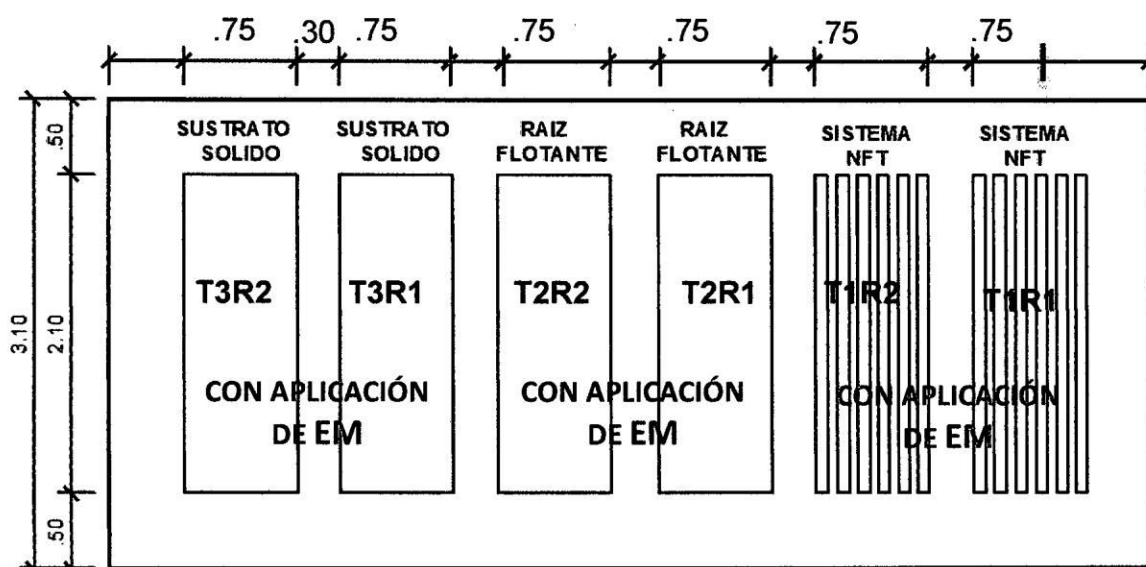


Fig. N°01. Croquis del experimento. (Elaboración propia)

3.7. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECABAR INFORMACION

3.7.1. Técnicas de recolección de información

Técnicas de investigación documental o bibliográfica

Análisis documental que permitió analizar el material en estudio y precisar desde un punto de vista formal y luego desde su contenido.

Fichaje, permitió registrar aspectos esenciales de los materiales bibliográficos leídos y que ordenados sistemáticamente fueron valiosa fuente para formular el marco teórico.

Técnicas de campo

Observación para la obtención de información sobre las observaciones realizadas directamente y para registrar los datos sobre las variables evaluadas.

3.7.2. Instrumentos de recolección de la información

a) Instrumentos de investigación documental o bibliográfica

Fichas de investigación

Ficha de resumen: se utilizó para la recopilación de información de manera resumida de los textos bibliográficos, hemerográficas, etc.

Fichas de localización

Fichas bibliográficas: se utilizó para recopilar información de los libros.

Recursos informáticos de la comunicación: sirvió para recopilar la información procedente de páginas web y archivos disponibles en formato pdf, word, ppt y excel

b) Instrumentos de campo

Libreta de campo: se utilizó para tomar datos del campo referente a la variable dependiente y sobre el desarrollo de las labores agronómicas.

3.8. DATOS REGISTRADOS

Peso fresco total (raíz, tallo y hojas)

Las lechugas híbridas rosabella roja fueron pesados individualmente el día de la cosecha, es decir a los 62 días después de la siembra. Se pesaron por

separado raíces y tallo con hojas de 10 plantas por cada tratamiento para después ser promediados y realizar el ANDEVA.

Peso fresco de la parte aérea a la cosecha (gramos)

De las lechugas híbridas rosabella roja anteriormente pesada, se separó la parte aérea y parte raíz para ser pesados individualmente de las 10 muestras recogidas por cada tratamiento.

Peso fresco de raíz a la cosecha (gramos)

De las lechugas híbridas rosabella roja anteriormente pesada, se separó la parte raíz para ser pesados individualmente de las 10 muestras recogidas por cada tratamiento.

Numero de hojas (día de la cosecha)

De las 10 muestras recogidas, se contaron todas las hojas por cabeza de lechuga, según cada tratamiento correspondiente.

Altura de planta a la cosecha (cm)

Con una cinta métrica se procedió a medir la altura de cada planta individualmente por cada tratamiento las muestras elegidas aleatoriamente.

Longitud de raíz a la cosecha (cm)

Con una cinta métrica se procedió a medir la longitud de raíz individualmente por cada tratamiento de las muestras elegidas aleatoriamente.

3.9. PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE RESULTADOS

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por computadora utilizando el programa de acuerdo al diseño de investigación propuesto.

La presentación de los resultados se realizó en cuadros, tablas, gráficos utilizando el programa Excel.

3.10. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales de escritorio: Su uso fue primordial para la recopilación de datos de campo, se usaron papel bond A – 4, lapiceros, lápiz, fólder manila, grapas, plumones, cartulinas.

Materiales de campo: Estos materiales se tuvo que usar al momento de la instalación y a la cosecha del cultivo, tales como libreta de campo, rafia, estacas, cordel, plásticos, costales, bolsas, regla graduada, regadera.

Equipos: Se usaron para el registro de datos que se obtuvieron de campo, tales como computadora, cámara digital, calculadora.

Insumos: Se tuvo que usar antes y durante la conducción del cultivo, tales como las soluciones nutritivas A y B, así también los Microorganismo Eficaces, las semillas de lechuga híbrida rosabella roja.

3.11. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

Preparación de almacigo

Para la germinación de las semillas se utilizaron cajas de fruta las cuales se forraron con plástico negro de alta densidad, las medidas de las cajas fueron de 40 cm de ancho por 37 cm largo, y 20 cm de alto; luego se procedió a llenar las cajas con sustrato previamente desinfectado.

Las camas de almacigo fueron compartidas tanto para el sistema de raíz flotante, sistema hidropónico recirculante o NFT y para el sistema sustrato sólido. Las plántulas permanecieron aproximadamente una semana en las camas de almacigo para luego ser transferidas a la cama de primer trasplante o aclimatación, para posteriormente ser trasplantadas a cada tratamiento. El sustrato se preparó según la mezcla: tierra agrícola cernida, arena fina y aserrín

en una proporción de 2:1:1; previamente el sustrato se lavó con agua limpia y se desinfectó la solución con hipoclorito de sodio (lejía) al 10% (10 ml por litro de agua), el sustrato se dejó remojar durante 24 horas. Las semillas de lechuga fueron de la variedad híbrida rosabella roja adquirida en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Primer trasplante o aclimatación

Las plantas de lechuga de variedad híbrida rosabella roja después que tuvieron el tamaño adecuado a los 7 días de germinado, se trasladaron de la cama de germinación hacia el contenedor de aclimatación de las siguientes medidas 1.60 m de largo por 0.55 m de ancho, y 0.30 m alto, la capacidad del contenedor es de 105 litros; sobre el contenedor se puso una plancha de termopor de 2.5 cm de espesor al mismo que se hicieron perforaciones de 2.5 cm de diámetro a un distanciamiento de 5 cm entre hoyos, que sirvieron para colocar las plántulas de lechuga, este primer trasplante sirve para aclimatar las plántulas a un medio líquido para su desarrollo y permanecerán durante dos semanas en un medio líquido que luego fueron trasladadas a cada uno de los tratamientos correspondiente (sistemas hidropónicos (T1, T2 y T3)).

Trasplante definitivo

A. Tratamiento 1 (T1= sistema NFT)

Las plantas pasaron al sistema NFT a los 28 días después de la siembra de las semillas en la cama de germinación según corresponde a cada campaña, para que completen su desarrollo. La dosificación de las soluciones nutritivas que se le suministró durante esta etapa será de 5 ml de solución concentrada A y de 2 ml de solución concentrada B por litro de agua, con esta propuesta se calculó la cantidad total para el tanque de 200 L.

B. Tratamiento 2 (T2= sistema raíz flotante)

Para el trasplante definitivo al sistema hidropónico raíz flotante se dispuso de un contenedor de 2.10 m por 0.70 m de ancho y 0.25 m de espesor, sobre la misma se colocó una plancha de termopor de 5 cm de espesor, al mismo se hicieron orificios de 5 cm de diámetro a una distancia de 0.20 m. entre centro de agujeros. Después se realizó el trasplante con el cuidado necesario para no dañar las plantas ni sus raíces. El trasplante se realizó a los 28 días de germinación de las plántulas. En esta etapa se utilizan las soluciones nutritivas A y B cubriendo el 100 % del requerimiento.

C. Tratamiento 3 (T3 = sistema sustrato solido)

Después de la aclimatación las plantas de lechuga pasaron a los sistemas hidropónicos según corresponde cada tratamiento (T1=sistema hidropónico recirculante o NFT con aplicación de EM , T2 = sistema hidropónico raíz flotante con aplicación de EM y T3 = sistema hidropónico sustrato solido con aplicación de EM). Cada sistema hidropónico estuvo correctamente instalado de acuerdo a sus requerimientos.

Podas, control y manejo fitosanitario

Se estuvo revisando a diario la unidad de hidroponía, para detectar la presencia, tanto plagas como enfermedades. Las revisiones se realizaron en las primeras horas de la mañana y en últimas horas de la tarde intercaladamente. Para el manejo de plagas se utilizó el control etológico (trampas amarillas) y mecánico; se fabricaron trampas amarillas usándose aceite para revestir los plásticos amarillos que posteriormente se colocaron dos trampas en el sistema raíz flotante y dos trampas en sistema recirculante, también se utilizaron biosidas, principalmente repelentes a base ajo, ají y molle.

Para controlar enfermedades se trabajó preventivamente desinfectando todo el sistema con hipoclorito de sodio como ya se mencionó anteriormente.

Dentro de plagas y enfermedades que se presentaron fueron: plagas (áfidos o pulgones), enfermedades (manchas foliares). Las podas se realizaron una vez a la semana desde el segundo trasplante hasta la cosecha, esta operación consistió en quitar las hojas viejas, necróticas, dañadas por el sol, de mal aspecto de la plantas.

Aplicación de soluciones nutritivas y EM (Microorganismo Eficaces)

Se preparó 200 litro de solución nutritiva, la cual está a una dosificación de 5ml de solución A por litro de agua, y 2 ml de solución B por litro de agua, requiriéndose en esta experiencia 100 ml de solución A y 40 ml de solución B para 200 litros de agua. En la presente investigación de aplico solución nutritiva en el trasplante definitivo para poder evaluar la respuestas de las plantas híbridas de lechuga bajo condiciones hidropónicas.

La solución nutritiva que se utilizó para este ensayo es, "La Molina" que consta de dos soluciones concentradas: La solución concentrada A contiene N, P, K y Ca, y la solución concentrada B aporta Mg, S, Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo, y Solución De Micronutrientes (Cantidad de fertilizantes para 1,0 litros de agua, volumen fina) 5,0 g Sulfato de manganeso ($MnSO_4 \cdot 4H_2O$), 3,0 g Ácido bórico (H_3BO_3), 1,7g Sulfato de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), 1,0g Sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) y 0,2g Molibdato de amonio $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$

La aplicación de microorganismos eficaces (EM) se realizó, en el trasplante definitivo de cada uno de los tratamientos (sistemas hidropónico NFT, Raíz flotante y Sustrato solido), siendo la misma dosis para todos ellos a razón de 5 ml de EM activado/1litro de agua, aplicación vía foliar.

IV. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA PRIMERA CAMPAÑA

4.1.1. Peso fresco total (Hojas, Tallos y Raíz)

Para el peso fresco total (hojas, tallos y raíz), el tratamiento T1 representado por el sistema NFT/ Aplicación de EM (Microorganismo eficaces), resultó ser más eficiente que los demás sistemas hidropónicos: raíz flotante y sustrato sólido. Los resultados obtenidos muestran que el cultivar rosabella roja se adapta satisfactoriamente al sistema NFT, ya que sobresale en el peso fresco total (hojas, tallo y raíz) si lo comparamos los promedios con los demás tratamientos para este parámetro.

Cuadro N° 08. Análisis de Varianza para el peso fresco total

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	113,02	56,51	55,32 **	9,55	30,82
Error	3	3,06	1,02			
TOTAL	5	116,08				
Sx	0,71	CV=	8,76			

El cuadro anterior de Análisis de variancia nos indica alta significación para tratamientos, lo que nos permite afirmar que existen diferencias estadísticas entre los sistemas hidropónicos/aplicación de EM para el peso fresco total. El coeficiente de variabilidad (CV) es 8,76 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,71 gramos, dando confiabilidad a los resultados.

A continuación se presenta el cuadro de Duncan para el peso fresco total (raíz, tallo, hojas) nos indica que el sistema hidropónico recirculante o NFT/Aplicación de EM ocupó el orden de mérito uno, superó a los sistemas raíz

flotante y sustrato sólido/Aplicación de EM en la media para este parámetro, de orden de mérito 2 y 3 respectivamente, en niveles de significación 5 y 1%.

Cuadro N° 09. Prueba de significación de Duncan para peso fresco total

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Recirculante c/n Aplicación EM	139,1	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante c/n Aplicación EM	131,5	b	b
3°	Sistema Sustrato Solido c/n Aplica. EM	128,9	b	b

$$\bar{Y} = 133,2$$

A continuación se presenta la figura de la comparación de los promedios entre los tres sistemas hidropónicos/Aplicación de EM, en orden descendente; en la cual podemos observar la superioridad en el peso fresco total del tratamiento T1 o sistema NFT /aplicación de EM, con un promedio de 139,1 g.

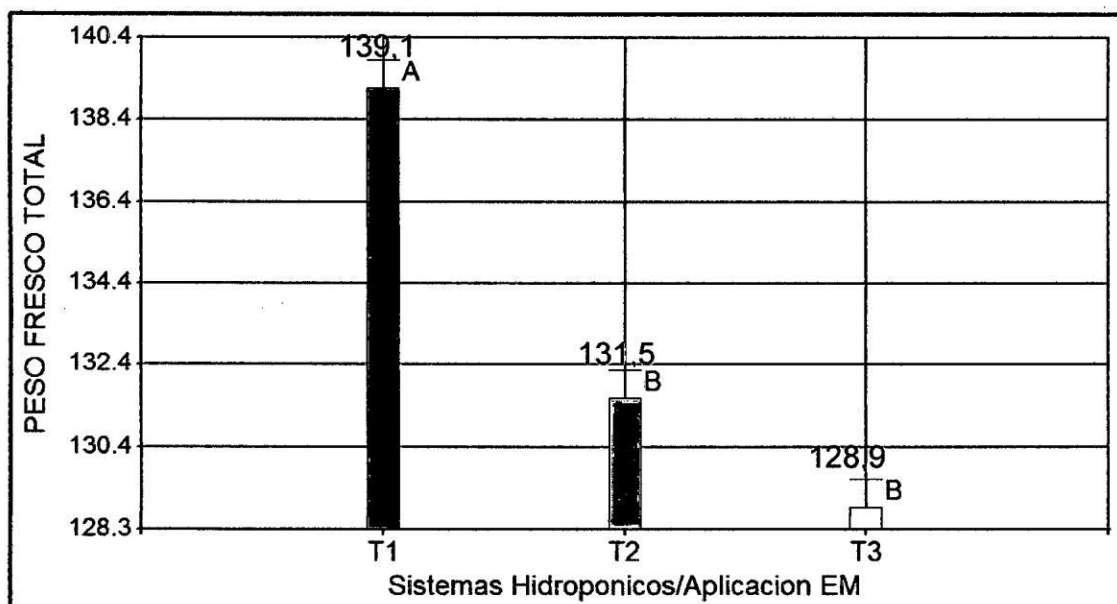


Fig. N° 02. Comparación de medias para el peso fresco total (raíz, tallo y hojas)

4.1.2. Peso fresco de la parte aérea

Para este parámetro (peso fresco de la parte aérea), mediante el Análisis de variancia se obtuvo el valor altamente significativo para los tratamientos, lo que nos permite afirmar que existen diferencias estadísticas entre los sistemas hidropónicos/aplicación de EM, para el peso fresco de la parte aérea. El coeficiente de variabilidad (CV) es 8,03 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,59 gramos, dando confiabilidad a los resultados obtenidos.

Cuadro N° 10. Análisis de Varianza para el peso fresco de la parte aérea.

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	80,09	40,04	56,78 **	9,55	30,82
Error	3	2,12	0,71			
TOTAL	5	82,20				
Sx	0,59	CV=	8,03			

El cuadro de Duncan para el peso de la parte aérea, nos muestra que el sistema hidropónico NFT/aplicación de EM, ocupó el orden de mérito uno, superando a los sistemas sustrato sólido/aplicación de EM y raíz flotante/aplicación de EM, de orden de mérito 2 y 3 respectivamente, las que comparten la misma letra b, en niveles de significación 5% y 1%.

Cuadro N° 11. Prueba de Duncan para peso fresco de la parte aérea

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Recirculante c/n Aplicación EM	114,4	a	a
2°	Sistema Sustrato Solido c/n Aplic. EM	107,9	b	b
3°	Sistema Raíz Flotante c/n Aplic. EM	105,9	b	b

$\bar{Y} = 109,4$

A continuación se presenta la figura de comparación para los promedios entre los tres tratamientos o Sistemas Hidropónicos/aplicación de EM (Microorganismos Eficaces), en orden descendente. En la cual podemos observar claramente la superioridad en el peso fresco de la parte aérea del tratamiento T1 o sistema NFT/Aplicación de EM con un promedio de 114,4 gramos; los tratamientos T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM) y T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) ocuparon el segundo y tercer lugar con un promedio de 107,9 gramos y 105,9 gramos respectivamente. Los tratamientos que comparten la misma letra B, son los que no presenta diferencias estadísticas entre ellos, por lo que se ven superados por el tratamiento de letra A.

A continuación se puede apreciar claramente a la diferencia entre los promedios para el parámetro del peso de la parte aérea, la gráfica nos señala la superioridad del tratamiento 1 (T1).

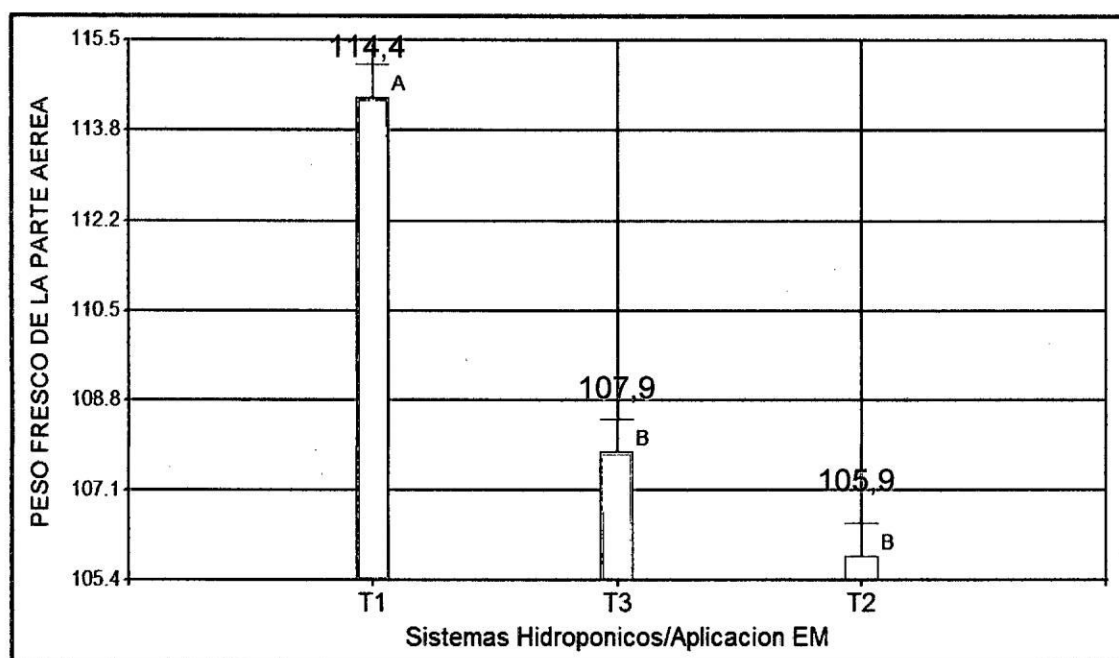


Fig. N° 03. Comparación de promedios para la parte aérea.

4.1.3. Peso fresco de raíz

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 34 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 12. Análisis de Varianza para el peso fresco de raíz

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	34,91	17,46	46,71 **	9,55	30,82
Error	3	1,12	0,37			
TOTAL	5	36,04				
Sx	0,43	CV=	12,59			

El Análisis de Varianza indica altamente significativo para los tratamientos, lo que nos permite decir que existen diferencias estadísticas marcadas entre los diferentes tratamientos. El coeficiente de variabilidad (CV) es 12,59 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,43 gramos, dando confiabilidad a la respuesta obtenida.

Cuadro N° 13. Prueba de significación de Duncan para peso fresco de Raíz

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	25,6	a	a
2°	Sistema Recirculante/Aplicación EM	25,0	a	a
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	20,2	b	b

$$\bar{Y} = 23,6$$

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 % y 1 % el tratamiento T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) y el T1 (Recirculante o NFT/Aplicación de EM) ocuparon el orden de mérito 1 y 2 respectivamente, pero sin presentar diferencias estadísticas entre ellos. El tratamiento T3 (Sustrato Solido/Aplicación de EM) ocupó el último lugar con un promedio de 20,2 gramos, siendo estadísticamente diferentes por presentar la letra B.

A continuación se presenta la figura de comparación de promedios para el parámetro peso fresco de raíz, donde el mayor promedio lo obtuvo el T2 con 25,6 gramos, seguido de los T1 con 25,0 gramos del promedio, donde ambos comparten la misma letra A; y el tercer lugar lo obtuvo T3 con 20,2 gramos de promedio del peso fresco de raíz.

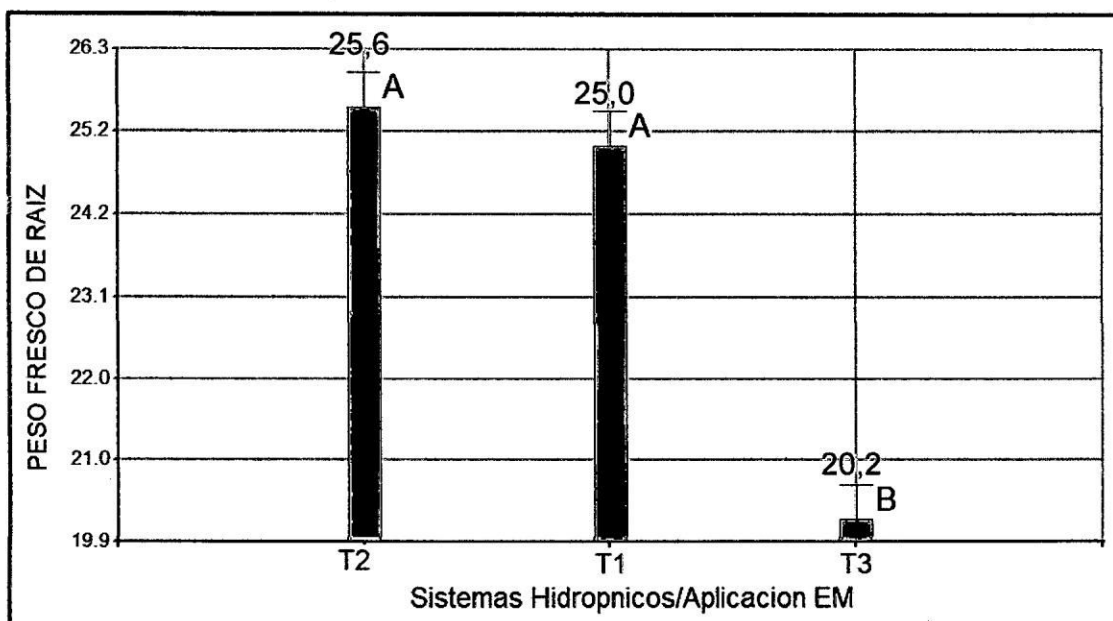


Fig. N° 04. Peso fresco de raíz (gramos)

4.1.4. Número de hojas por planta

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 35 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 14. Análisis de Varianza para el número de hojas/planta

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	60,98	30,49	57,48 **	9,55	30,82
Error	3	1,59	0,53			
TOTAL	5	62,57				
Sx	0,51	CV=	16,41			

El Análisis de Variancia indica altamente significativo para los tratamientos, lo que nos permite decir que existen diferencias estadísticas marcadas entre los tratamientos del experimento. El coeficiente de variabilidad (CV) es 16,41 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,51 unidades, lo cual nos da seguridad para aceptar los resultados obtenidos.

Cuadro N° 15. Prueba de significación de Duncan para número de hojas/planta.

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Recirculante o NFT/Aplicación EM	23,7	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	19,5	b	a b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	15,9	c	b

$\bar{Y} = 19,7$

La prueba de significación de Duncan nos señala en primera instancia, que todos los tratamientos obtuvieron promedios estadísticamente diferentes entre ellos, por lo que viene diferenciado la misma con las letras A, B, C; tanto en el nivel de significancia 5 % y 1 % los tratamientos presentan diferencias estadísticas, ocupando de entre ellos el orden de mérito 1: el tratamiento T1 (Sistema Hidropónico NFT/Aplicación de EM) con una media de 23,7 unidades. Los tratamientos T2 (Sistema Hidropónico Raíz Flotante/Aplicación de EM) y T3 (Sistema Hidropónico Sustrato Solido/Aplicación de EM) ocuparon el orden de mérito 2 y 3 con promedios de 19,5 y 15,9 respectivamente.

A continuación se presenta la figura de comparación de promedios para el parámetro número de hojas/planta, donde el mayor promedio lo obtuvo el T1 con 23,7 unidades, seguido de los T2 con 19,5 unidades en promedio; y el tercer lugar lo obtuvo T3 con 15,9 de promedio del número de hojas/planta.

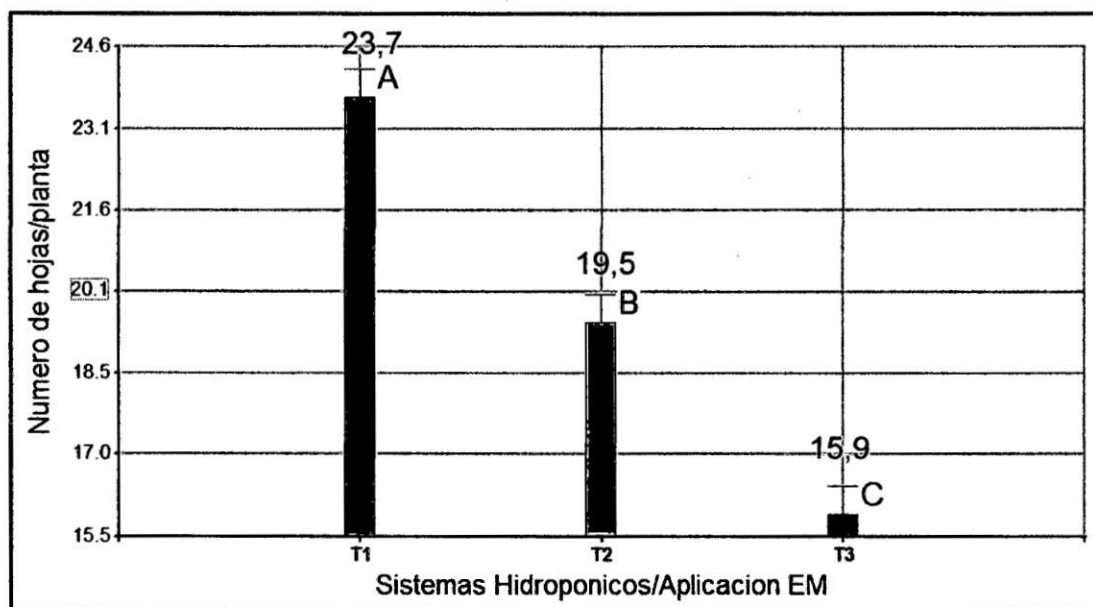


Fig. N° 05. Número de hojas/planta (unidades)

4.1.5. Altura de Planta (centímetros)

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 36 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 16. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm)

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	17,13	8,57	33,70 **	9,55	30,82
Error	3	0,76	0,25			
TOTAL	5	17,89				
Sx	0,36	CV=	12,43			

El Análisis de Varianza indica altamente significativo para los tratamientos, lo cual nos permite afirmar que existen diferencias estadísticas marcadas entre los tratamientos del experimento. El coeficiente de variabilidad (CV) es 12,43 % y la desviación estándar (Sx) $\pm 0,36$ unidades, lo cual nos da alta confiabilidad para aceptar los resultados obtenidos.

Cuadro N° 17. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm)

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Recirculante o NFT/Aplicación EM	18,7	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	16,5	b	a b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	14,6	b	b

$\bar{Y} = 19,7$

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 %, el tratamiento T1 (Sistema Hidropónico Recirculante o NFT/Aplicación EM) es estadísticamente superior a los tratamientos T2 (Raíz Flotante/Aplicación EM) y T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM); y al nivel de significación del 1 % los tratamientos T1 y T2 no son estadísticamente diferentes, pero son superiores al tratamiento T3; y al mismo tiempo al nivel de significancia del 1% los tratamientos T2 y T3 son estadísticamente iguales, siendo estos los tratamientos con menor promedio en la altura de planta. Se puede decir entonces, que la mayor la altura de planta lo obtuvo el tratamiento T1 (Sistema Hidropónico Recirculante o NFT/Aplicación EM) con una promedio de 18,7 cm.

A continuación se presenta la figura de comparación de promedios para la altura de planta (cm), donde el mayor promedio lo obtuvo el T1 con 18,7 cm, seguido de los T2 con 16,5 cm del promedio, y T3 con 14,6 cm de promedio de altura de planta (cm).

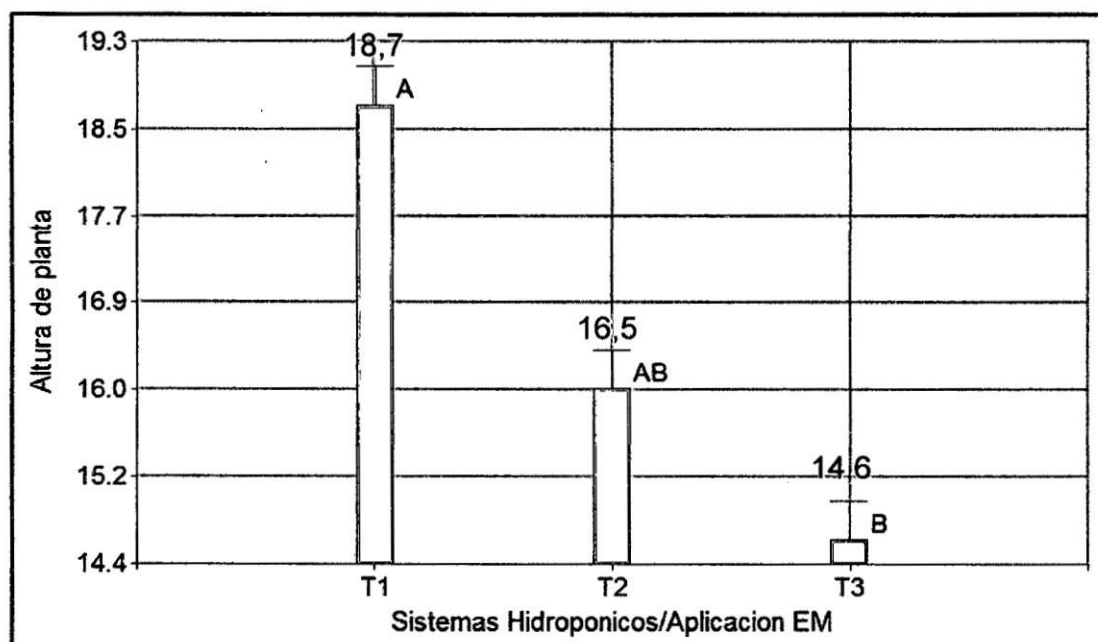


Fig. N° 06. Altura de planta (centímetros)

4.1.6. Longitud de Raíz (centímetros)

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 37 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 18. Análisis de Varianza para Longitud de raíz (cm)

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	53,29	26,65	93,16 **	9,55	30,82
Error	3	0,86	0,29			
TOTAL	5	54,15				
Sx	0,38	CV=	13,16			

El Análisis de Varianza indica altamente significativo para los tratamientos, lo que nos permite decir que existen diferencias estadísticas marcadas entre los tratamientos del experimento. El coeficiente de variabilidad (CV) es 13,16 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,38 cm, lo cual nos da seguridad para aceptar los resultados obtenidos.

Cuadro N° 19. Prueba de significación de Duncan para Longitud de Raíz (cm)

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	20,3	a	a
2°	Recirculante o NFT/Aplicación EM	16,2	b	b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	13,0	c	c

$$\bar{Y} = 16,5$$

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 % y 1 % el tratamiento T2 (Sistema Hidropónico Raíz Flotante/Aplicación de EM) es estadísticamente superior a los tratamientos T1 (Sistema Hidropónico Recirculante o NFT/Aplicación EM) y T3 (Sistema Hidropónico Sustrato Solido/Aplicación EM). El tratamiento T3 (Sustrato Solido/Aplicación de EM) ocupó el último lugar con un promedio de 13,0 cm, siendo estadísticamente diferentes por presentar la letra C.

A continuación se presenta la figura de comparación de promedios para el parámetro Longitud de raíz (cm), donde el mayor promedio lo obtuvo el T2 con 20,3 cm, seguido de los T1 con 16,2 cm de promedio, y el tercer lugar lo obtuvo T3 con 13,0 cm de promedio longitud de raíz (cm). Claramente los promedios están diferenciados por las letras A, B y C.

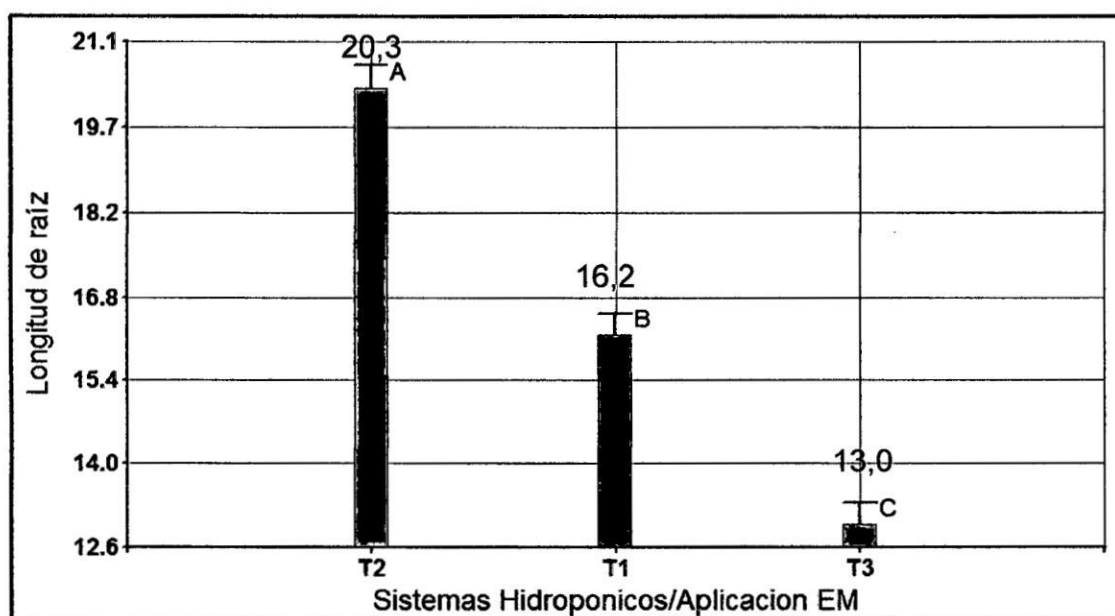


Fig. N° 07. Longitud de Raíz (centímetros)

4.2. RESULTADOS DE LA SEGUNDA CAMPAÑA

4.2.1. Peso fresco total (hojas, tallo y raíz) (II-Campaña)

En la segunda campaña, para el peso fresco total (hojas, tallos y raíz), el tratamiento T1 representado (sistema NFT/ Aplicación de EM (Microorganismo eficaces)), resultó ser más eficiente que los demás sistemas hidropónicos: raíz flotante y sustrato sólido. Los resultados obtenidos muestran que el cultivar rosabella roja se adapta satisfactoriamente al sistema NFT, ya que sobresale en el peso fresco total (hojas, tallo y raíz) si lo comparamos los promedios con los tratamientos T2 y T3 para este parámetro.

Cuadro N° 20. Análisis de Varianza para el peso fresco total (hojas, tallo y raíz)

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	223,62	111,81	66,16 **	9,55	30,82
Error	3	5,07	1,69			
TOTAL	5	228,69				
Sx	0,92	CV=	12,18			

En el cuadro ANVA se obtuvo el valor altamente significativo para los tratamientos a los niveles de significación del 5% y 1%, lo que nos permite afirmar que existen diferencias estadísticas entre los sistemas hidropónicos/aplicación de EM para el peso fresco total. El coeficiente de variabilidad (CV) es 12,18% y la desviación estándar (Sx) \pm 0,92 gramos, dando confiabilidad a los resultados.

Realizada la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan en el cuadro N° 21, nos muestra al nivel del 5%, que la prueba tiene evidencia estadística para afirmar que los promedios alcanzados por las comparaciones del O.M. 1, 2 y 3; producen un efecto diferente sobre el peso fresco total (a la cosecha). Además

se puede afirmar que al 1% de significancia los tratamientos T1 y T2, son tratamientos con promedios similares, pero siendo estadísticamente superiores al tratamiento T3 (Sistema Sustrato Sólido/Aplicación EM).

Cuadro N° 21. Prueba de significación de Duncan para peso fresco total (II-C)

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema recirculante /Aplicación EM	121,1	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	114,7	b	a
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	106,2	c	b

$\bar{Y} = 114,0$

La siguiente figura muestra la comparación de los promedios entre los tres sistemas hidropónicos/Aplicación de EM, en orden descendente; en la cual podemos observar la superioridad en el peso fresco total del tratamiento T1 o sistema NFT /aplicación de EM, con un promedio de 139,1 g.

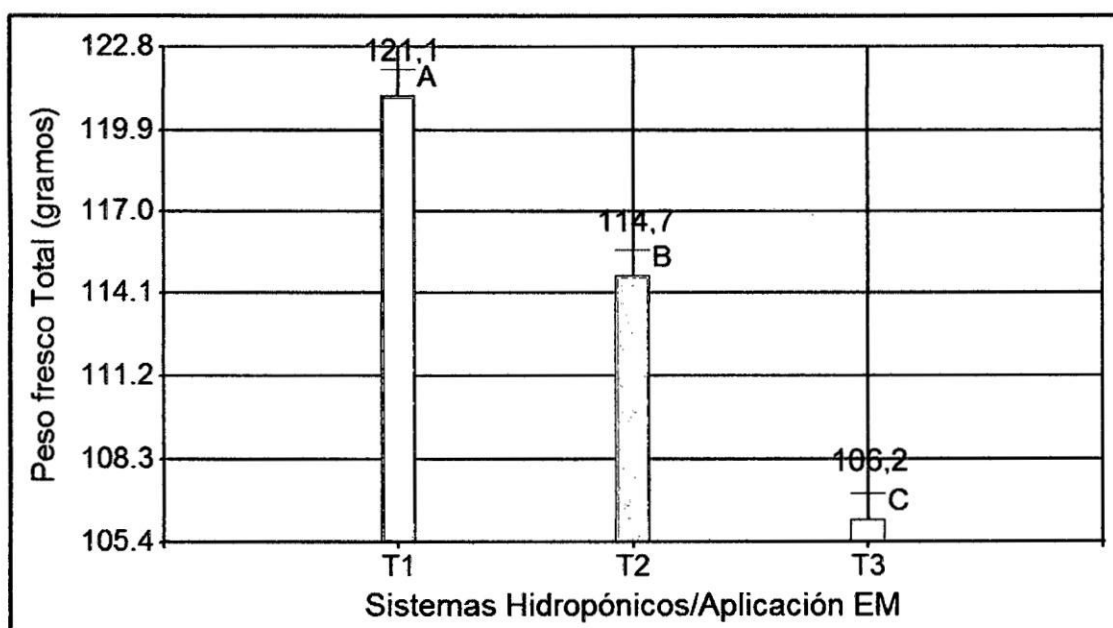


Fig. N° 08. Comparación de medias para el peso fresco total (raíz, tallo y hojas)

4.2.2. Peso fresco de la parte aérea (II-Campaña)

Para este parámetro (peso fresco de la parte aérea), Los resultados del ANDEVA del cuadro N° 22, indican que los tratamientos presentan un efecto altamente significativo en los niveles de 5% y 1%. El coeficiente de variabilidad (CV) es 12,26 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,84 gramos, dando confiabilidad a los resultados.

Cuadro N° 22. Análisis de Varianza para el peso fresco de la parte aérea (g).

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	114,33	57,17	40,69 **	9,55	30,82
Error	3	4,21	1,40			
TOTAL	5	118,55				
Sx	0,84	CV=	12,26			

El cuadro de Duncan para el peso de la parte aérea, nos muestra que el sistema hidropónico NFT/aplicación de EM, ocupó el orden de mérito uno, superando a los sistemas raíz flotante/aplicación de EM y sustrato sólido/aplicación de EM, de orden de mérito 2 y 3 respectivamente, las que comparten la misma letra b, en niveles de significación 5 y 1%.

Cuadro N° 23. Prueba de Duncan para peso fresco de la parte aérea

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema recirculante /Aplicación EM	99,7	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	90,7	b	b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	90,2	b	b

$\bar{Y} = 93,5$

A continuación se presenta la figura de comparación para los promedios entre los tres tratamientos o Sistemas Hidropónicos/aplicación de EM (Microorganismos Eficaces), en orden descendente. En la cual podemos observar claramente la superioridad en el peso fresco de la parte aérea del tratamiento T1 o sistema NFT/Aplicación de EM con un promedio de 99,7 gramos; los tratamientos T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM) y T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) ocuparon el segundo y tercer lugar con un promedio de 90,7 gramos y 90,2 gramos respectivamente. Los tratamientos que comparten la misma letra B, son los que no presenta diferencias estadísticas entre ellos, por lo que se ven superados por el tratamiento de letra A.

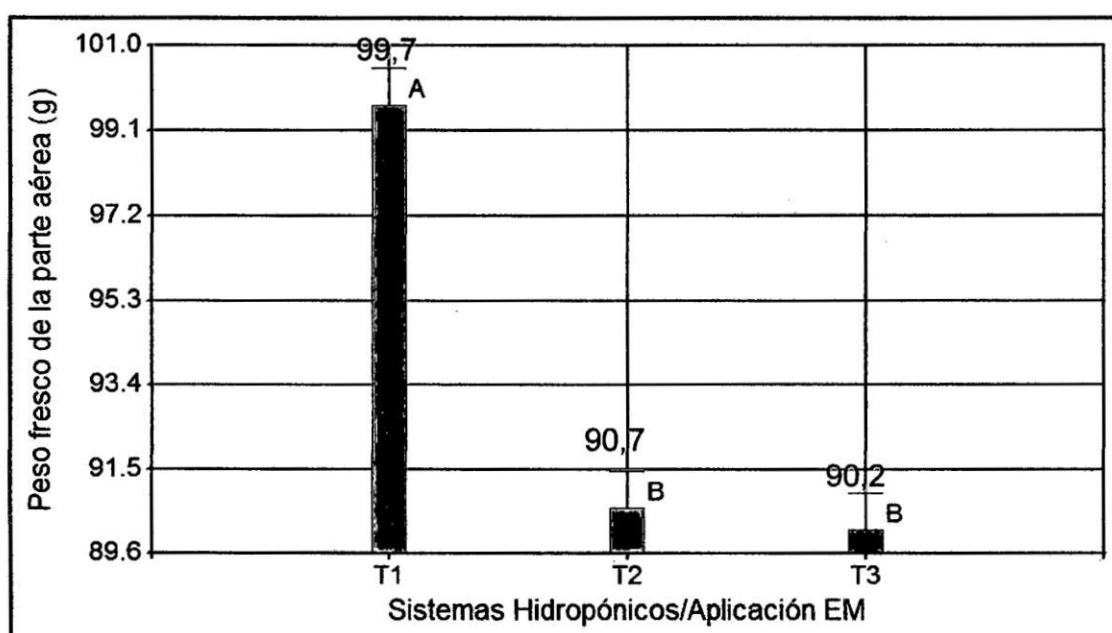


Fig. N° 09. Comparación de promedios para la parte aérea.

4.2.3. Peso fresco de raíz (II-Campaña)

El ANDEVA consignado en el cuadro N° 24, muestra que para la fuente de Tratamientos presenta una respuesta diferencial entre ellos al nivel del 0,05 y 0,01 de margen de error. El coeficiente de variabilidad (CV) es 15,83 % y la desviación estándar (Sx) $\pm 0,51$ gramos, dando confiabilidad a los resultados.

Cuadro N° 24. Análisis de Varianza para el peso fresco de raíz

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	64,49	32,25	63,02 **	9,55	30,82
Error	3	1,53	0,51			
TOTAL	5	66,03				
Sx	0,51	CV=	15,83			

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 % el tratamiento T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) fue estadísticamente superior al tratamiento T1 (Recirculante o NFT/Aplicación de EM) y T3 (Sustrato Solido/Aplicación de EM) que ocuparon orden de mérito 2 y 3 respectivamente, pero al nivel de significancia del 1% los tratamiento T1 y T2 no presentan diferencias estadística entre ellos, pero son superiores al tratamiento T3.

Cuadro N° 25. Prueba de significación de Duncan para peso fresco de Raíz

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	24,0	a	a
2°	Sistemas Recirculante/Aplicación EM	21,3	b	a
3°	Sistema Sustrato Sólido/Aplicación EM	16,1	c	b

$$\bar{Y} = 20,4$$

A continuación se presenta la figura de comparación para los promedios entre los tres tratamientos o Sistemas Hidropónicos/aplicación de EM (Microorganismos Eficaces), en orden descendente. En la cual podemos observar claramente la superioridad en el peso fresco de la parte aérea del tratamiento T1 o sistema NFT/Aplicación de EM con un promedio de 99,7 gramos; los tratamientos T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM) y T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) ocuparon el segundo y tercer lugar con un promedio de 90,7 gramos y 90,2 gramos respectivamente. Los tratamientos que comparten la misma letra B, son los que no presenta diferencias estadísticas entre ellos, por lo que se ven superados por el tratamiento de letra A.

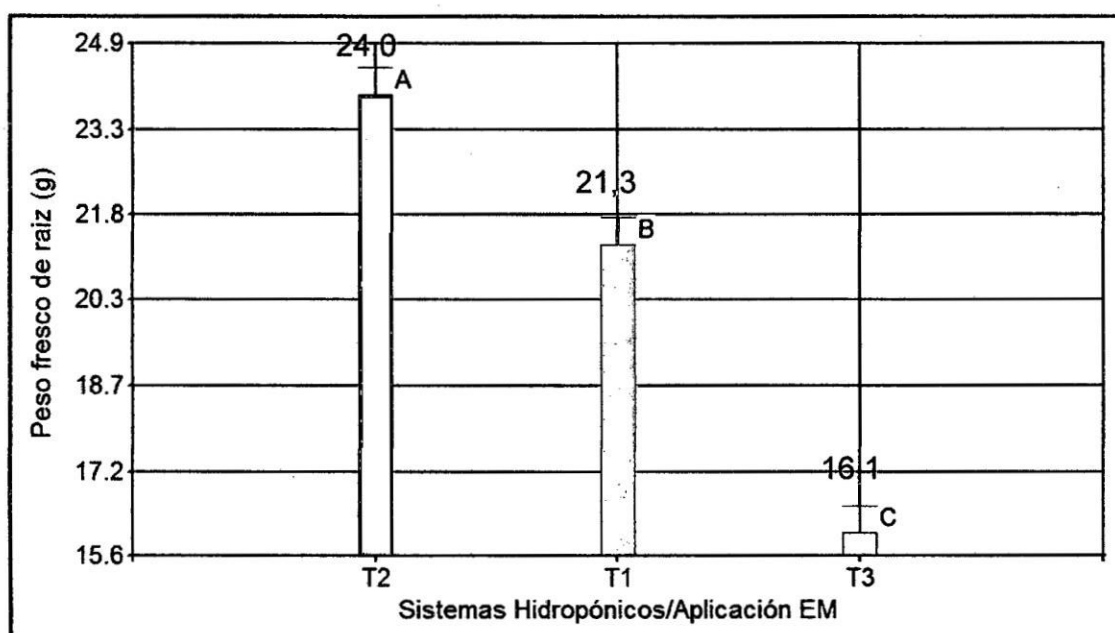


Fig. N° 10. Peso fresco de raíz (gramos)

4.2.4. Número de hojas por planta (II-Campaña)

El ANDEVA consignado en el cuadro N° 26, muestra que para la fuente de Tratamientos presenta una respuesta diferencial entre ellos al nivel del 0,05 y 0,01 de margen de error. El coeficiente de variabilidad (CV) es 13,87 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,42 gramos, dando confiabilidad a los resultados.

Cuadro N° 26. Análisis de Varianza para el número de hojas/planta

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	26,71	13,36	38,16 **	9,55	30,82
Error	3	1,05	0,35			
TOTAL	5	27,76				
Sx	0,42	CV=	13,87			

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 % el tratamiento T1 (Recirculante o NFT/Aplicación de EM) fue estadísticamente superior a los tratamiento T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) y T3 (Sustrato Solido/Aplicación de EM), que ocuparon orden de mérito 2 y 3 respectivamente; pero al nivel de significancia del 1% los tratamiento T2 y T3 no presentan diferencias estadística entre ellos.

Cuadro N° 27. Prueba de significación de Duncan para número de hojas/planta.

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Recirculante /Aplicación EM	20,7	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	18,5	b	a b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	15,5	c	b

$$\bar{Y} = 18,2$$

En la siguientes figura podemos apreciar la comparación de los promedios entre los tres tratamientos o Sistemas Hidropónicos/aplicación de EM (Microorganismos Eficaces), en orden descendente. En la cual podemos observar claramente la superioridad en el número de hojas por planta del tratamiento T1 o sistema NFT/Aplicación de EM con un promedio de 20,7 unidades; los tratamientos T2 (Raíz Flotante/Aplicación de EM) y T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM) ocuparon el segundo y tercer lugar con un promedio de 18,5 y 15,5 hojas/planta en promedio respectivamente. Los tratamientos que presentan diferentes letras del alfabeto A,B y C, lo que significa que estos son estadísticamente diferentes entre ellos.

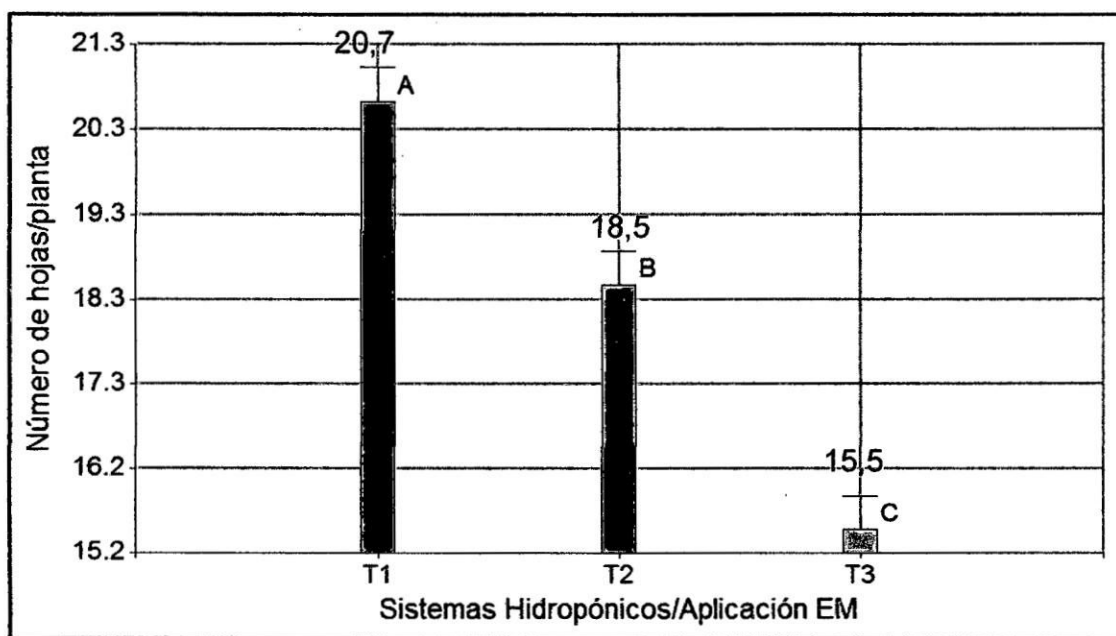


Fig. N° 11. Número de hojas/planta (unidades)

4.2.5. Altura de planta (cm) a la cosecha (II-Campaña)

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 43 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 28. Análisis de Varianza para Altura de planta (cm)

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	12,09	6,05	78,85 **	9,55	30,82
Error	3	0,23	0,08			
TOTAL	5	12,32				
Sx	0,20	CV=	6,90			

El Análisis de Varianza indica altamente significativo para los tratamientos, lo cual nos permite afirmar que existen diferencias estadísticas marcadas entre los tratamientos del experimento. El coeficiente de variabilidad (CV) es 6,90 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,20 cm, lo cual nos da alta confiabilidad para aceptar los resultados obtenidos.

Cuadro N° 29. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm)

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Recirculante o NFT/Aplicación EM	18,0	a	a
2°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	15,9	b	b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	14,5	c	b

$$\bar{Y} = 16,1$$

La prueba de significación de Duncan indica que al nivel del 5 %, los tratamientos presentan diferencias estadísticas en sus promedios obtenidos, siendo el tratamiento T1 (Sistema Hidropónico Recirculante o NFT/Aplicación EM) superior a los tratamientos T2 (Raíz Flotante/Aplicación EM) y T3 (Sustrato Solido/Aplicación EM); y al nivel de significación del 1 % los tratamientos T2 y T3 no presentan diferencias entre ambos, pero son inferiores al tratamiento T1; y al mismo tiempo podemos afirmar que la prueba de significación de rangos múltiples de Duncan señala que el mejor tratamiento para el parámetro altura de planta a la cosecha (cm) fue el tratamiento T1 (Sistema Hidropónico Recirculante o NFT/Aplicación EM) con una promedio de 18,5 cm.

A continuación se presenta la figura de comparación de promedios para la altura de planta (cm), donde el mayor promedio lo obtuvo el T1 con 18,5 cm, seguido de los T2 con 16,4 cm del promedio, y T3 con 14,5 cm de promedio de altura de planta (cm).

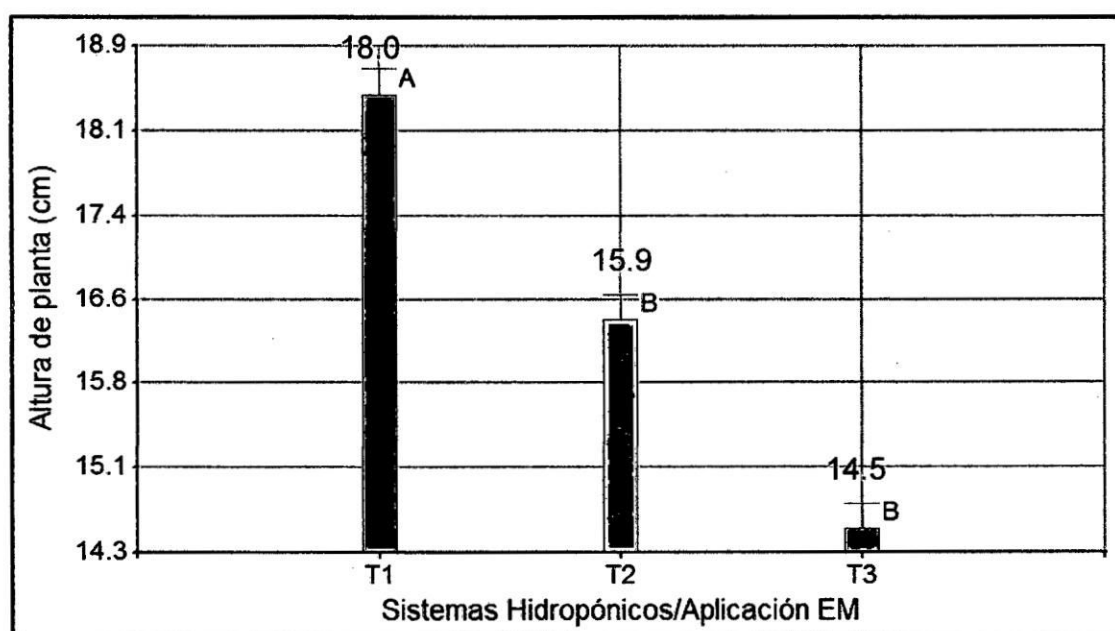


Fig. N° 12. Altura de planta (centímetros)

4.2.6. Longitud de raíz (cm) a la cosecha (II-Campaña)

Los promedios obtenidos se indican en el cuadro N° 44 del anexo y a continuación se presenta el Análisis de Varianza y la prueba de significación de Duncan interpretados estadísticamente con su representación gráfica respectiva.

Cuadro N° 30. Análisis de Varianza para Longitud de raíz (cm)

FV.	G.L.	SC	CM	F Observado	F requerido	
					0,05	0,01
Tratamiento	2	28,25	14,13	81,50 **	9,55	30,82
Error	3	0,52	0,17			
TOTAL	5	28,77				
Sx	0,29	CV=	10,50			

El Análisis de Variancia indica altamente significativo para los tratamientos, lo que nos permite decir que existen diferencias estadísticas marcadas entre los tratamientos del experimento. El coeficiente de variabilidad (CV) es 14,68 % y la desviación estándar (Sx) \pm 0,42 cm, lo cual nos da seguridad para aceptar los resultados obtenidos.

Cuadro N° 31. Prueba de significación de Duncan para Longitud de Raíz (cm)

O.M	TRATAMIENTOS	Promedios Peso fresco	Nivel de significación	
			5 %	1 %
1°	Sistema Raíz Flotante/Aplicación EM	18,5	a	a
2°	Sistema Recirculante /Aplicación EM	15,5	b	b
3°	Sistema Sustrato Solido/Aplicación EM	13,2	c	b

$\bar{Y} = 15,7$

de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) Cultivadas hidropónicamente en verano, donde obtuvo que el mejor tratamiento para el peso fresco aéreo resultó ser el de malla negra al interactuar con el cultivar Fanfare (375,49 g por unidad); y que los promedios más bajos lo obtuvo con la malla aluminizada, entonces podemos afirmar que nuestros resultados inferiores se deben a diversos factores que pueden ser motivos de investigaciones para futuro.

5.3. PARA EL PESO FRESCO DE RAÍZ

En este parámetro en la primera campaña el mejor tratamiento fue T2 con un promedio de 25,6 gramos, seguido de T1 con 25,0 gramos en promedio, siendo el último T3 con 20,2 gramos en promedio. En la segunda campaña también el T2 obtuvo el mayor promedio para el peso fresco de raíz con 24,0 gramos, y T3 con 16,1 gramos de promedio fue el más bajo; si podemos establecer una comparación con Valverde (2008) en su trabajo de tesis: "Efecto de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) Cultivadas hidropónicamente en verano; donde señala que para el peso fresco de raíz el mejor promedio fue de 17,41 g, nuestros resultados fueron superiores en este parámetro.

5.4. PARA EL NUMERO DE HOJAS POR PLANTA

Con respecto al número de hojas por planta, se obtuvieron los siguientes valores: en la primera campaña el mayor promedio para este parámetro fue para el tratamiento T1 con 23,7 hojas/planta, siendo el tratamiento T3 con 15,9 hojas/planta como el promedio más bajo. En la segunda siembra (campaña) también el tratamiento T1 obtuvo el mayor promedio con 20,7 hojas/planta, y también el T3 volvió a obtener el promedio más bajo con 15,5 hojas/planta, si estos resultados lo comparamos con los obtenidos por Garzón (2006) en su trabajo de investigación (Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos

soluciones de nutrientes) donde encontró que la variedad Verónica, obtuvo promedio bajos para este parámetro con 15.1 hojas/planta, y Valverde (2008) en su trabajo de tesis: "Efecto de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cultivadas hidropónicamente en verano, donde encontró que el mejor tratamiento para el número de hojas por planta lo obtuvo la variedad Asterix con 33,0 de promedio, y la más baja 20,1 el cultivar Cufia, por lo que también podemos señalar la importancia del potencia genético de las variedades y cultivares para responder frente a los sistemas hidropónicos y otros factores pueden alterar el rendimiento de la planta.

5.5. PARA ALTURA DE PLANTA

Con respecto a la altura de planta a la cosecha se obtuvieron los siguientes valores: en la primera campaña el tratamiento con mejor promedio fue T1 con 18, 7 cm y en la segunda campaña también fue el mismo, pero aunque ligeramente bajo su promedio con 18,0 cm. Los valores más bajos los obtuvo el tratamiento T3 con 14,6 cm y 14,5 cm en promedio en la primera y segunda campaña respectivamente.

Si lo comparamos con los resultados obtenidos por Vera (2008) en su trabajo de tesis: en su investigación (Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa*) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo) donde utilizó el diseño experimental "Bloque Completamente al Azar" con 4 tratamientos y 4 repeticiones llegó a resultados: en lo que corresponde a tamaño de raíz obtuvo promedios de longitud de raíz, el tratamiento 1 (AMERICANA) con el valor más alto 27.86 cm. siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, el menor valor se dio en el tratamiento 3 (WHITE BOSTON) con una longitud de 16.30 cm pero estadísticamente igual al tratamiento 4 (AMORIX) con 18,73 cm con un coeficiente de variación del 11.11 %; y si comparamos también con Valverde (2008) en su trabajo de tesis: "Efecto de la calidad de luz sobre el

crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cultivadas hidropónicamente en verano, donde obtuvo que el mejor tratamiento para el parámetro altura de planta el autor obtuvo 27,13 cm como mejor promedio, con malla aluminizada, pero no recomienda que las plantas alcancen estas altura porque sus tallos son delgados y las hojas; entonces nuestros valores son inferiores a los obtenidos por estos autores.

5.6. PARA LA LONGITUD DE RAÍZ

Para el parámetro longitud de raíz los promedio más altos fueron obtenidos por el tratamiento T2 (Sistema hidropónico Raíz flotante c/n aplicación de EM), obteniendo en la primera campaña 20,3 cm en promedio y en la segunda campaña 18,5 cm, en ambas siembras fue el de mayor longitud de raíz; el tratamiento T3 obtuvo el promedio más bajo con 13,0 cm de promedio en la primera siembra y 13,3 cm de promedio en la segunda siembra.

Si comparamos con los obtenidos por Vera (2008) en su investigación (Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo), con respecto al tamaño de raíz, el tratamiento 1 (AMERICANA) obtuvo 27,86 cm. siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, el menor valor se dio en el tratamiento 3 (white boston) con una longitud de 16,30 cm; y con lo obtenido por Valverde (2008) en su trabajo: "Efecto de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga cultivadas hidropónicamente en verano, donde obtuvo que el mejor tratamiento lo adquirió el cultivar Prize Head con 23,20 cm, y el promedio más bajo fue para el cultivar Crufia con 12,1 cm de promedio, nuestros valores con la variedad híbrida rosabella roja fueron intermedios entre estos autores.

VI. CONCLUSIONES

Bajo condiciones en las que se desarrolló la evaluación (tres sistemas hidropónicos diferentes) y en base a los resultados obtenidos, se pueden llegar a las siguientes conclusiones.

- ❖ El mejor tratamiento utilizado para el peso fresco total resultó ser el sistema hidropónico recirculante o NFT, la variedad rosabella roja prospero de manera superior con este tratamiento en comparación al sistema hidropónico raíz flotante y sustrato sólido.
- ❖ Las lechugas (rosabella roja) cultivada bajo el sistema hidropónico raíz flotante ocupó el segundo lugar en la mayoría de los parámetros evaluados, siendo únicamente superior a los demás sistemas hidropónicos en el peso fresco de raíz y longitud de raíz.
- ❖ Los sistemas hidropónicos tienen efecto en el desarrollo de la planta, siendo el mejor de ellos el sistema hidropónico recirculante o NFT para el cultivo de lechuga, ya que permite una adecuada oxigenación de la planta y movimiento adecuado de la solución nutritiva.

VII. RECOMENDACIONES

Primeramente para recalcar que en la región Huánuco falta mucho por avanzar en investigación sobre hidroponía, ya que este trabajo si no es el primero en su clase, es uno de los primeros trabajos de investigación en hidroponía. Según las condiciones en las que se desarrolló la evaluación y en base a los resultados obtenidos, se recomienda:

1. Realizar nuevos estudios para estimar la acumulación de nitratos y la calidad de este cultivo al momento de la cosecha, considerando diferentes épocas del año y sistemas de producción hidropónica, con la finalidad de precisar o confirmar los resultados obtenidos; aplicando también nuevos diseños estadísticos.

2. Repetir el ensayo en un área de siembra mayor, libre de sombras, acumulación de polvo y agua en la cubierta, evitando así posibles errores en los resultados obtenidos, aumentando el número de repeticiones e interactuando con otros factores como por ejemplo variedades, dosificación de solución nutritiva y dosificación de EM.

3. Debido a que altas temperaturas aceleran el desarrollo del tallo floral en este cultivo, se recomienda realizar tesis de investigación probando diferentes tipos de malla, ya sea diferentes colores o calibre; así también como considerar las interacciones planta-medio ambiente.

4. Se recomienda implementar el sistema recirculante o NFT, para la siembra de lechuga hidropónica en condiciones climáticas de Cayhuayna-Huánuco, ya que las plantas responden ante las condiciones de cultivo hidropónico NFT.

5. Realizar un estudio comparativo de cultivos hidropónicos con cultivos convencionales sobre el rendimiento del cultivo de lechuga.

VIII. LITERATURA CITADA

AMBIEM-ENRO's partner Brazil (s.f.). Avances de la Tecnología EM™ en Brasil - Hidroponía. Consultado el día 15 de mayo del 2013. Disponible en página web www.em-la.com. Noêmia Paranhos -AMBIEM LTDA BRASIL- BRASIL

Alvarado *et al* (2009). Seminario de Agronegocios: Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacifico Facultad de Administración y Contabilidad. Lima- Perú. Disponible en www.upbusiness.net. 96 p.

Angulo M., C. (2008). Producción de Lechugas. Universidad de San Martín de Porres. Facultad: Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Escuela Profesional: Administración de Negocios Internacionales. Disponible en página web. Consultado en página web el 22 de marzo del 201. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos58/produccion-lechuga/produccion-lechuga2.shtml#ixzz2xTzynEGp>.

Arévalo, G. (2005). Producción de lechuga hidropónica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano- honduras. Consultado el 28 -04- 2015-Disponible en: <http://www.zamorano.edu/zamonoticias1/Versiones/septiembre05/entrevista.htm>

Barrera G., D. (2004). Evaluación de cinco variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con la Técnica Hidropónica Solución Nutritiva Recirculante (NFT) Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el Grado Académico de Licenciado. Universidad de San Carlos. Guatemala. Guatemala. 71 p.

Barrios A. N.E. (2004).Evaluación del cultivo de la lechuga, *Lactuca sativa* L. bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan de Sacatepéquez Guatemala. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad San Carlos de Guatemala.64 p.

Biosca (2001). RED SICTA-Proyecto Red de Innovación Agrícola. Microorganismos benéficos para una agricultura sostenible. México. 25 p.

Blog-spot Fitomejoramiento de lechuga (2014) Métodos de Fitomejoramiento-Guía práctica. Consultado el 22 de 12 del 2014, disponible en página web: <http://fitolechugaudca.blogspot.com>

CasaHuerta (2014). Cultivos Hidropónicos. Artículos virtuales Casahuerta – sustentable-orgánica-social. Consultado el 16 de abril del 2014. Disponible en página web: <http://www.casahuerta.com.ar/pdf/5.pdf>

Castañeda del Cid, F.R. (1997). Diseño y evaluación de un sistema de cultivo hidropónico para la producción de hortalizas a nivel doméstico. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Ingeniería. Guatemala. 134p.

Centro de Estudios Agrícolas y Forestales (CEAF) (2008). Buena Práctica Hidroponía-Proyecto Centro de Desarrollo Rural FSG 963. Universidad del Valle de Guatemala y Fundación Soros Guatemala. Fundación Soros Guatemala. Guatemala. 52 p.

Córdova W, R. (2005). Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía. Valdivia- Chile. 82 p.

Espinosa R. y Espinosa M. (sf). SEGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Departamento de Fitotecnia. Hidroponía rustica. México- Texcoco- Chapingo. Boletín N° 10. 15p.
EASY PLANT – Sustratos Hidropónicos (2014) Manual de Hidroponía. Técnicas de cultivos sustentables. Ciudad de México. 32 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2003). La Huerta Hidropónica Popular: curso audiovisual. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Tercera edición. Santiago de Chile. 132 p.

Filippetti, V. (2014). Curso Moderno de Hidroponía, Hidroponía FIL Consultas-consultora GCA S.A. Consultado el 25 de marzo del 2014. Disponible en página web: <http://www.dasumo.com/libros/soluciones-madre-para-hidroponia-pdf-7.html>. Buenos Aires- Argentina.

Flores, C. y Arias, G. (2006). Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (agaricales: Tricholomataceae) a partir de remanente agrícolas. Trabajo de graduación para obtener la licenciatura de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH, Costa Rica. 71 p.

García G, E.et al. (2007). Evaluación de dos sistemas hidropónicos (abierto y cerrado con relación al uso de solución hidropónica reciclada y producción de jitomate de exportación. CICATA (Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Unidad Querétaro. Santiago de Querétaro, S.A. México. Ganaderos Asociados de Querétaro. 13 p.

Garzón L, S. (2006). Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Honduras. ZAMORANO - Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.40 p.

Guzmán D., G. *et al* (2004). Hidroponía en casa: una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería-Sistema Unificado de Información Institucional. Serie cultivos no tradicionales. San José-Costa Rica. 25 p.

Hortalizas y verdura (2014) Guía practica del cultivo de lechuga- Artículo internet. Consultado el 18 de agosto del 2014, disponible en página web: <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/lechuga/intro.php>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y REDSICTA-Proyecto red de innovación Agrícola. (2013). Guía de manejo de microorganismo eficientes (ME). Managua –Nicaragua.24 p.

INIFED (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa) 2010.Producción de Hortalizas en Recirculación de Nutrientes presentado en este documento está diseñada por Fundación Adopta una Escuela. Secretaria de Educación Pública. México. 28 p.

Lacarra G., A y García S.,C (2011). Validación de cinco sistemas de hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicum sculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero. Experiencia recepcional para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Veracruzana – Ciencias Agrícolas. México. 63 p.

Ninancuro R., E y Tantri W., B. (2004). Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema recirculante en la región atlántica de Costa Rica. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. 39 p.

Piedrabuena, P. (2003). Microorganismos eficientes: ¿Que son y cómo actúan? Consultado el 15 de julio del 2013, disponible en página web la siguiente: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>.

Ramírez M., M.A. (2006). Tecnología de Microorganismo Efectivo (EM) Aplicada a la Agricultura y medio ambiente sostenible. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.43 p.

Rodríguez D, A. *et al* (2012). Curso Práctico de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina-Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. La Molina - Lima. Perú. 50 p.

Rodríguez D, A. y Chang La Rosa, M. (2013). Manual práctico de Hidroponía. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) -Departamento de Biología. Quinta edición. Lima - Perú. 99p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). Subsecretaría de Desarrollo Rural-Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Hidroponía Rustica. Departamento de Fitotecnia, Carr. México-Texcoco km 38.5 56230 Chapingo, México.15 p.

Sánchez, E. (2009). Evaluación de la Fertilización química y orgánica en el cultivo de lechuga variedad (VERPIA) en la Comunidad de Florencia – Tabacundo, provincia de Pichincha. Tesis para optar el título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador. 115p.

Sánchez R., C. (2004). Hidroponía: Paso a paso - Cultivo sin tierra. Ediciones RIPALME. Lima – Perú. 135 p.

Sierra V., M.V. 2010. Evaluación de los parámetros zootécnicos obtenidos en conejos de raza Nueva Zelanda y California suplementados con Microorganismos Eficientes. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medios Ambiente. Revista CEAD Tunja-Colombia.76p.

Stucchi, Y. (1999) Evaluación de cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en siembra de verano en el valle del Rio Chillón. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 42 p.

Toalombo I., R. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Trabajo de investigación estructurado de manera independiente presentado como requisito

para optar el título de ingeniera agrónoma. Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ingeniería Agronómica. Cevallos-Ecuador.95p

Valverde C, K.V. (2008). Efecto de la calidad de luz sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de nitratos en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cultivadas hidropónicamente en verano. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Agraria La Molina.98 p.

Vera M., J.N. (2008). Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa*) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Babahoyo – Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 78 p.

Verduzco R, C.2009. USO DE CALC DE OPENOFFICE EN EL ANÁLISIS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES. Tesis para obtener el título de licenciado en estadística. Universidad Autónoma de Chapingo-División de Ciencias Forestales. Chapingo-Texcoco-Estado de México. 159 p.

ANEXO

Cuadro N° 32. Promedios del peso fresco total (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	140.0	138.3	278.3	139.1
T2	131.8	131.3	263.1	131.5
T3	128.1	129.7	257.8	128.9
TOTAL			799.2	133.2

Cuadro N° 33. Promedios del peso fresco de la parte aérea (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	114.6	114.3	228.9	114.4
T2	106.7	105.1	211.8	105.9
T3	107.2	108.5	215.7	107.9
TOTAL			656.4	109.4

Cuadro N° 34. Promedios del peso fresco de raíz (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	25.0	25.1	50.0	25.0
T2	25.2	25.9	51.1	25.6
T3	20.9	19.5	40.4	20.2
TOTAL			141.5	23.6

Cuadro N° 35. Promedios del Número de hojas/planta (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	24.0	23.4	47.4	23.7
T2	18.8	20.2	39.0	19.5
T3	15.4	16.4	31.8	15.9
TOTAL			118.2	19.7

Cuadro N° 36. Promedios de altura de planta (cm) (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	18.1	19.3	37.4	18.7
T2	16.0	16.1	32.1	16.0
T3	14.5	14.8	29.3	14.6
TOTAL			98.75	16.46

Cuadro N° 37. Promedios de Longitud de raíz (cm) (Primera campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T _i)	MEDIA (X _i)
T1	16.6	15.8	32.5	16.2
T2	19.8	20.8	40.6	20.3
T3	13.1	12.9	26.0	13.0
TOTAL			99.0	16.5

Cuadro N° 38. Promedios del peso fresco total (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	122.6	119.5	242.1	121.1
T2	114.8	114.6	229.4	114.7
T3	106.5	105.8	212.3	106.2
TOTAL			683.8	114.0

Cuadro N° 39. Promedios de peso fresco de la parte aérea (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	100.8	98.5	199.3	99.7
T2	91.5	89.8	181.3	90.7
T3	90.4	89.9	180.3	90.2
TOTAL			560.9	93.5

Cuadro N° 40. Promedios del peso fresco de raíz (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	21.4	21.1	42.5	21.3
T2	23.1	24.8	47.9	24.0
T3	16.2	15.9	32.1	16.1
TOTAL			122.5	20.4

Cuadro N° 41. Promedios del Número de hojas/planta (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	21.3	20.0	41.3	20.7
T2	18.2	18.7	36.9	18.5
T3	15.3	15.7	31.0	15.5
TOTAL			109.2	18.2

Cuadro N° 43. Promedios de altura de planta (cm) (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	17.8	18.1	35.9	18.0
T2	15.9	15.8	31.7	15.9
T3	14.8	14.2	29.0	14.5
TOTAL			96.6	16.10

Cuadro N° 44. Promedios de Longitud de raíz (cm) (Segunda campaña)

TRATAMIENTO	REPETICIONES		TRATAMIENTO	
			TOTAL (T ₁)	MEDIA (X ₁)
T1	15.9	15.1	31.0	15.5
T2	18.2	18.8	37.0	18.5
T3	13.3	13.1	26.4	13.2
TOTAL			94.4	15.7

Fig. N° 14. Unidad de Hidroponía – Agronomía

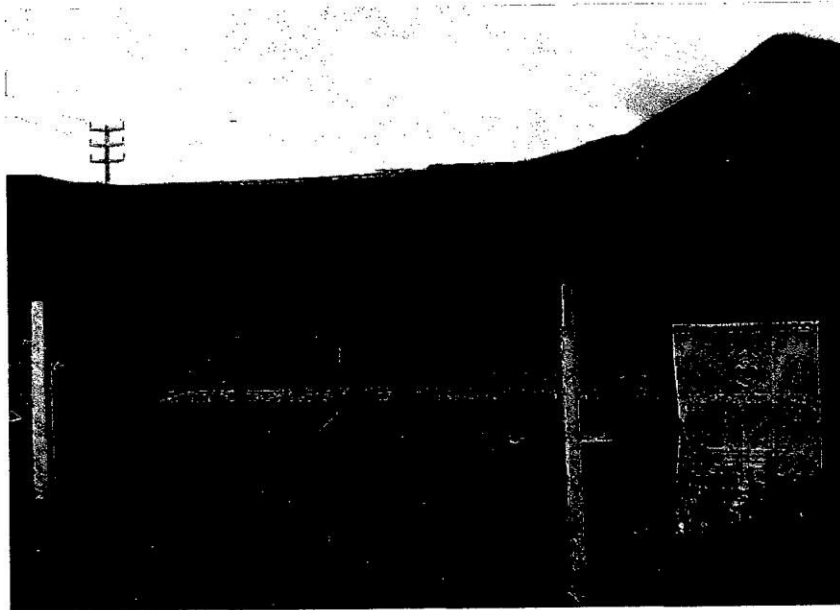


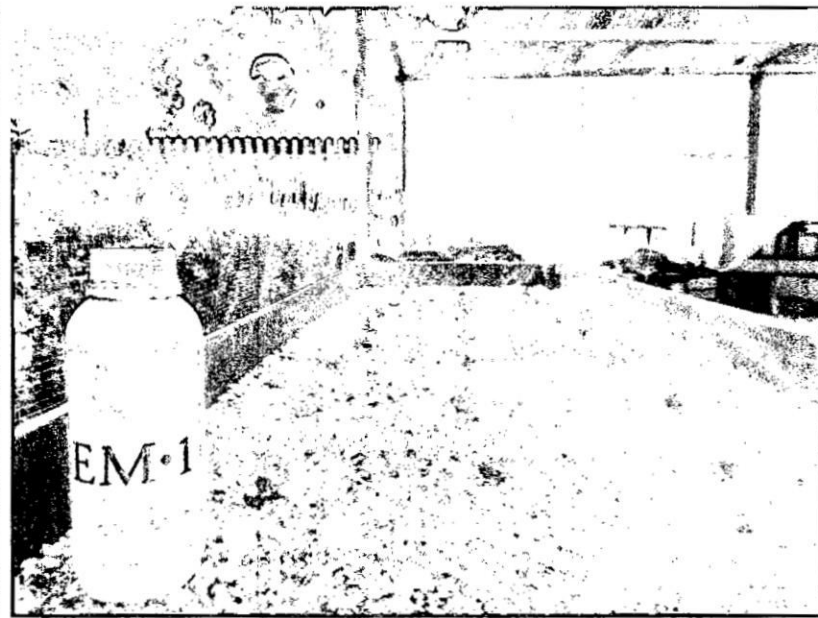
Fig. N° 15. Camas de trasplante definitivo



Fig. N° 16. Cama de trasplante definitivo-sistema hidropónico raíz flotante (plantas antes de la cosecha)



Fig. N° 17. Camas de trasplante definitivo-sistema hidropónico sustrato solido



INSTLACION DE LOS TRATAMIENTOS (SISTEMAS HIDROPONICOS)

Fig. N° 18. Sistema NFT o recirculante (T1= tratamiento 1)

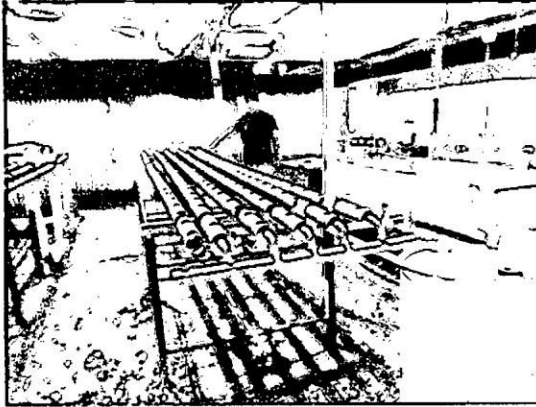


Fig. N° 19. Sistema NFT o recirculante (tubos pvc)

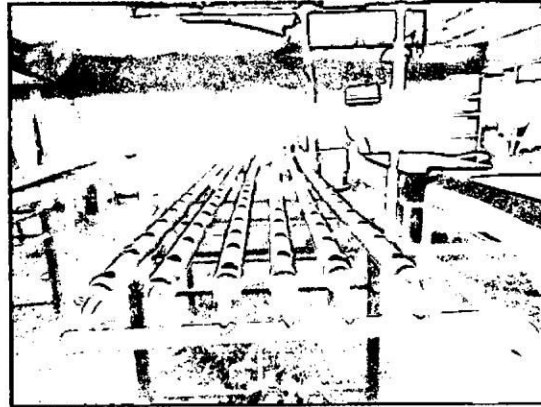


Fig. N° 20. Cama de trasplante definitivo (sistema raíz flotante).

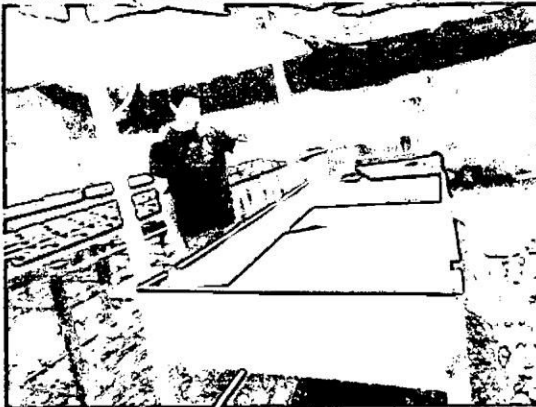


Fig. N° 21. Sistema hidropónico raíz flotante (T2 = tratamiento 2)

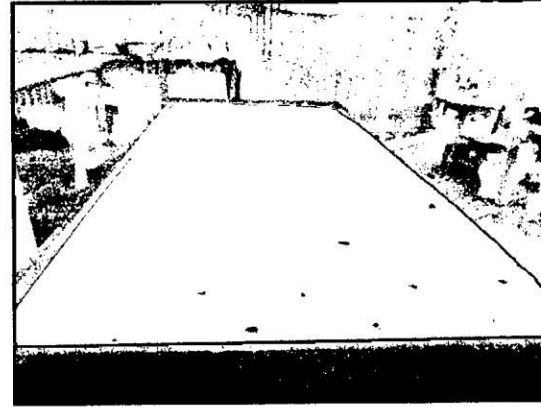


Fig. N° 22. Cama de trasplante definitivo sustrato solido

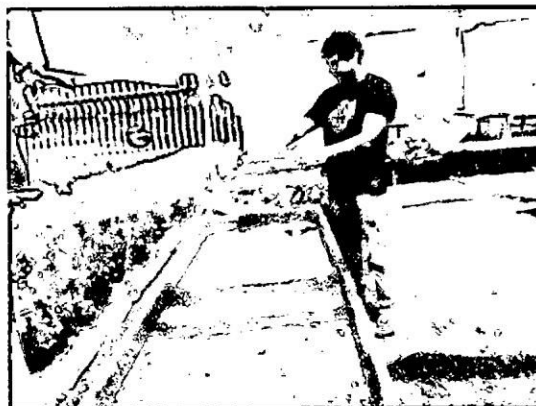
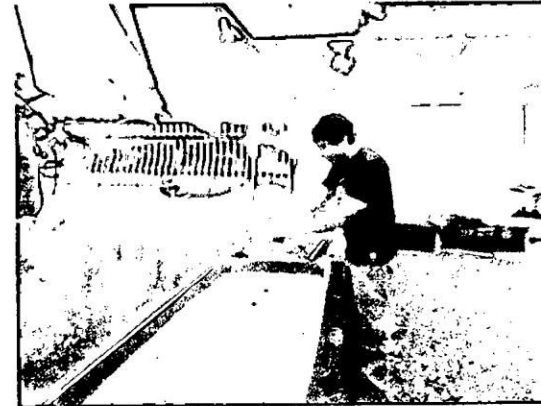


Fig. N° 23. Sistema hidropónico sustrato sólido (T3).



CAMAS DE GERMINACION DE SEMILLAS

Fig. N° 24. Camas de germinación

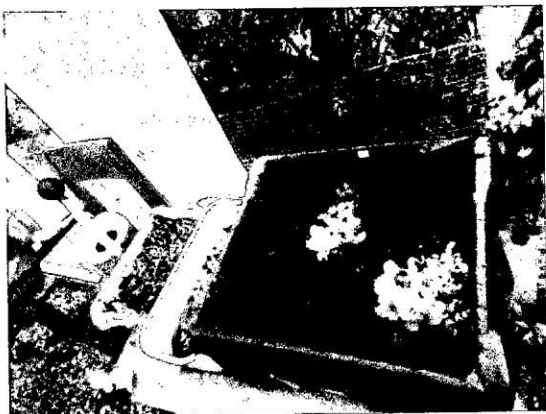


Fig. N° 25. Plantas 5 días después de la siembra



Fig. N° 26. Plantas de lechuga híbrida rosabella roja



Fig. N° 27. Plantas de lechuga 7 días después de la siembra



Fig. N° 28. Tamaño de plantas adecuado para el primer trasplante



Fig. N° 29. Selección de plantas para el primer trasplante.



PRIMER TRASPLANTE-ESTRUCTURA Y ACONDICIONAMIENTO

Fig. N° 30. Armado de las camas para el primer trasplante.



Fig. N° 31. Forrado con plástico de la estructura de madera.



Fig. N° 32. Acondicionamiento de plántulas antes del trasplante.



Fig. N° 33. Plántulas antes del primer trasplante



Fig. N° 34. Plantas en la camas del primer trasplante

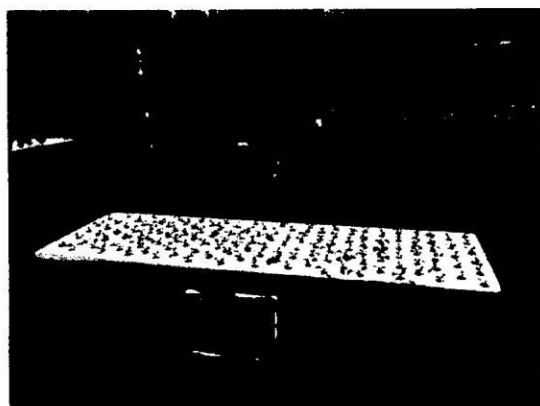
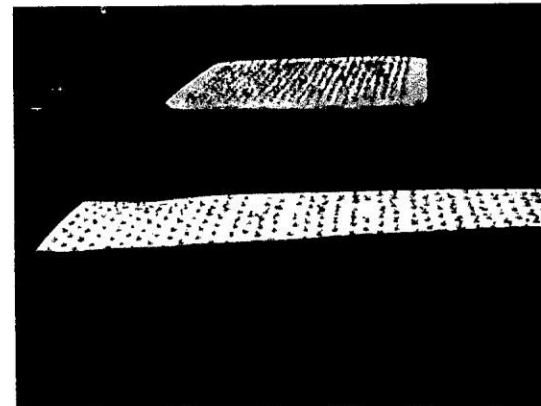


Fig. N° 35. Camas acondicionadas para el primer trasplante.



PRIMER TRASPLANTE-DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Fig. N° 36. Visita del asesor de tesis Ingeniero Fleli Jara.

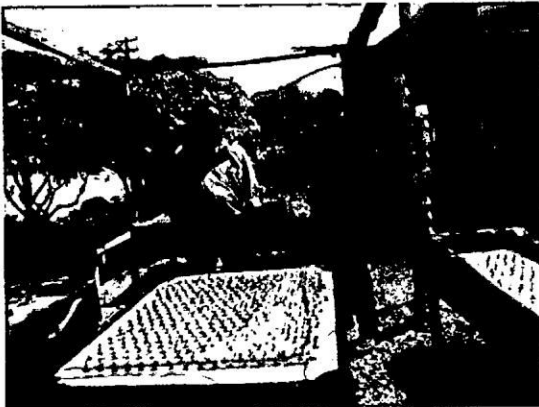


Fig. N° 37. Primer trasplantas (antes del trasplante definitivo)

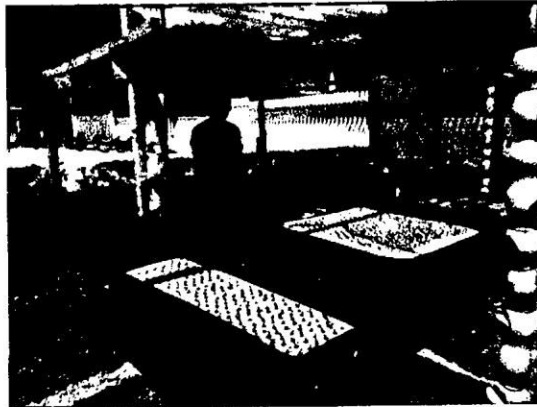


Fig. N° 38. Plantas en las camas del primer trasplante.

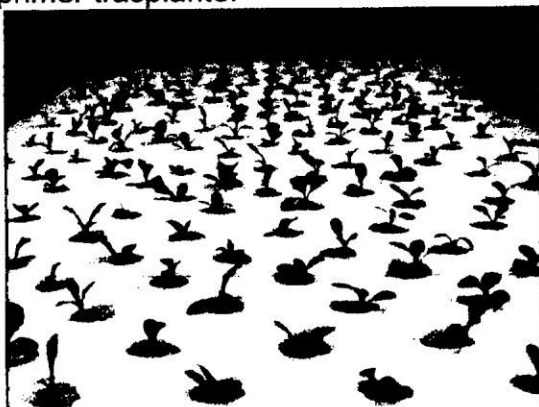


Fig. N° 39. Plántulas de lechuga híbrida rosabella roja.

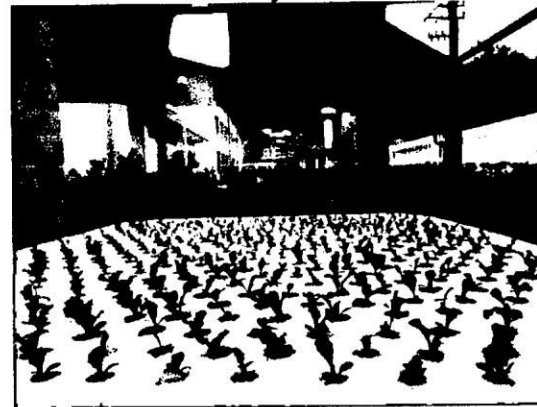


Fig. N° 40. Desarrollo de la raíz de las plantas de lechuga.



Fig. N° 41. Desarrollo radicular en las camas del primer trasplante.



SISTEMAS HIDROPONICOS-CONDUCCION Y DESARROLLO DE PLANTAS

Fig. N° 42. Trasplante de plantas a la cama de aclimatación.

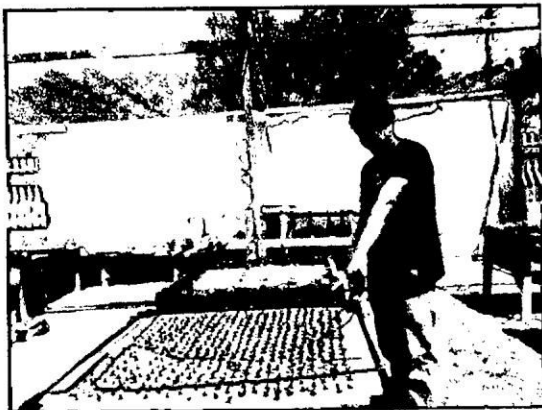


Fig. N° 43. Cama de aclimatación previo al trasplante definitivo.



Fig. N° 44. Oxigenación de la cama de aclimatación.



Fig. N° 45. Desarrollo radicular de las plantas.



Fig. N° 46. Desarrollo radicular en aclimatación.



Fig. N° 47. Tamaño de planta en la cama de aclimatación.



Fig. N° 48. Sistema Raíz Flotante – plantas desarrolladas.

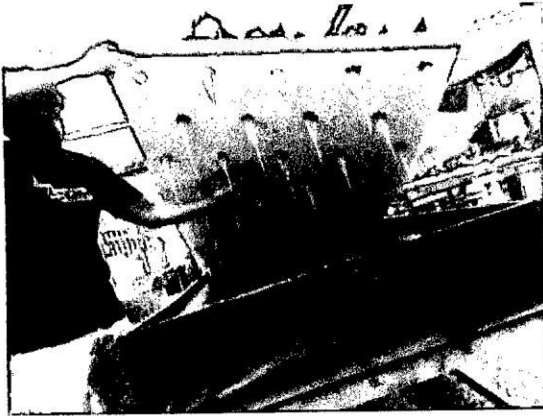


Fig. N° 49. Sistema Raíz flotante – desarrollo radicular.

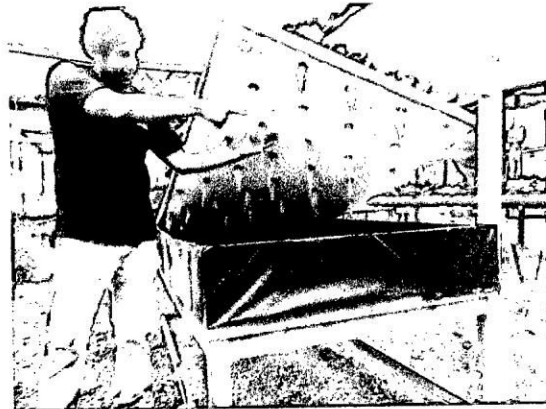


Fig. N° 50. Oxigenación en plantas desarrolladas.



Fig. N° 51. Plantas de lechuga antes de la cosecha.

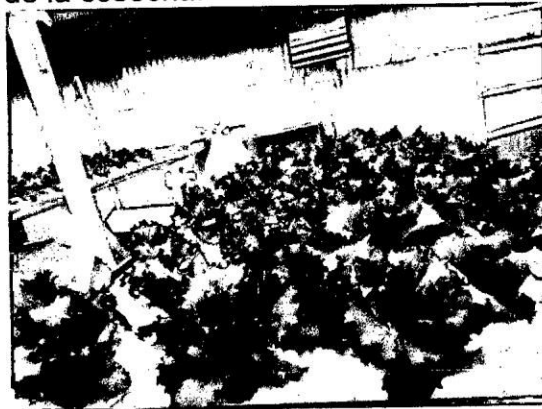


Fig. N° 52. Plantas desarrolladas en el sistema Raíz Flotante.



Fig. N° 53. Sistemas Raíz Flotante antes de la cosecha.

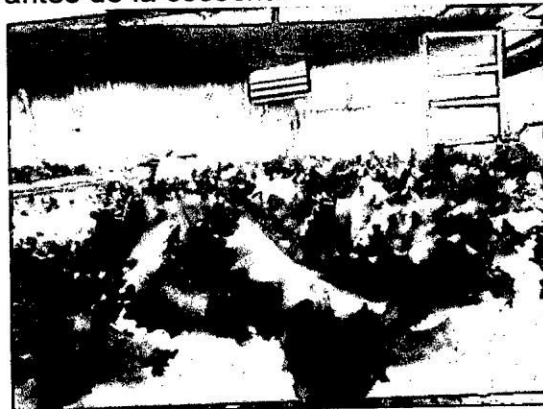


Fig. N° 54. Sistema NFT – plantas desarrolladas.

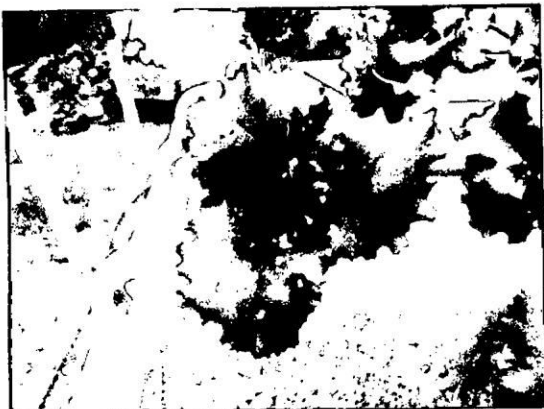


Fig. N° 55. Sistema Raiz flotante – plantas desarrolladas.



Fig. N° 56. Sistema hidropónico NFT antes de la cosecha.



Fig. N° 57. Desarrollo radicular de las plantas en el sistema NFT.

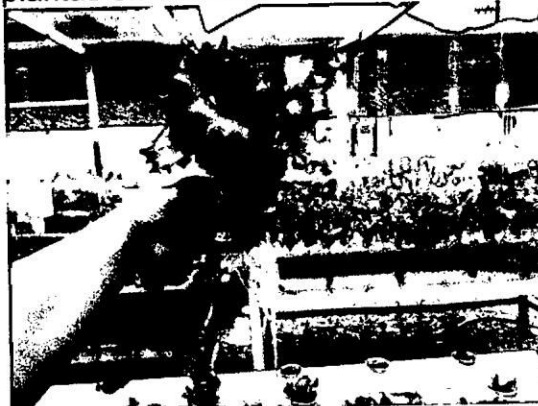


Fig. N° 58. Desarrollo de las plantas en el sistema NFT.



Fig. N° 59. Sistema NFT-plantas desarrolladas.



Fig. N° 60. Sistema Sustrato Solido – plantas desarrolladas.



Fig. N° 61. Sistema Sustrato solido-40 días de desarrollo

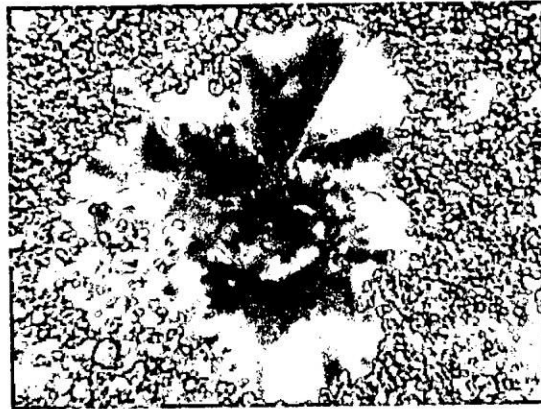


Fig. N° 62. Sistema hidropónico sustrato - plantas desarrolladas.

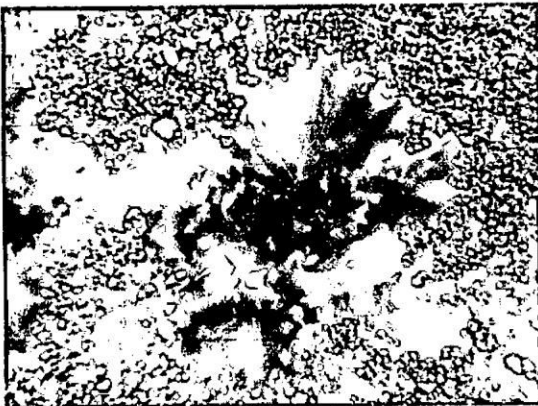


Fig. N° 63. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.

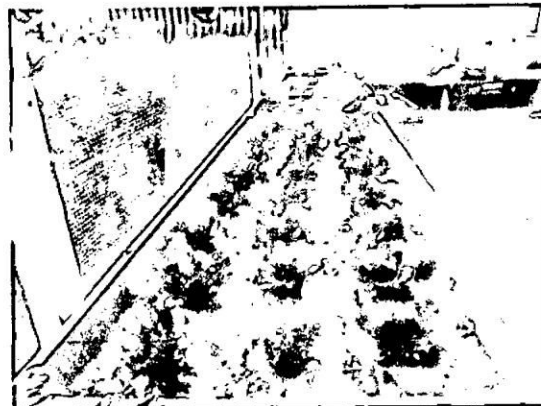


Fig. N° 64. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.



Fig. N° 65. Cama de trasplante definitivo-sistema sustrato sólido.



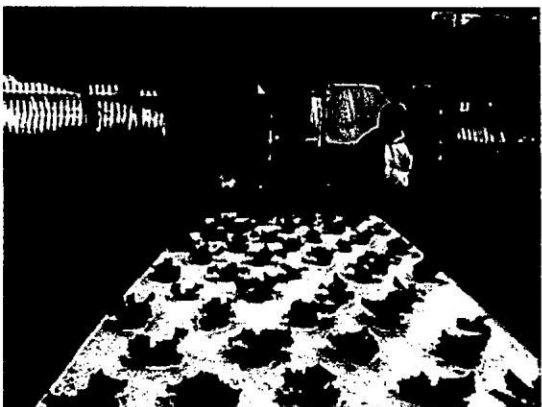
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**Fig. N° 66.** Visita de compañeros de la escuela profesional de Agronomía.**Fig. N° 67.** Supervisión del trabajo por la Ing. María Gutiérrez.**Fig. N° 68.** Visita del co-asesor de tesis el Ing. Grifelio Vargas.**Fig. N° 69.** Presentación del trabajo final del tratamiento T2.**Fig. N° 70.** Visita del Ing. Simeón Romero en la II-campaña.**Fig. N° 71.** Supervisión del sistema recirculante.

Fig. N° 72. Riego con solución nutritiva.

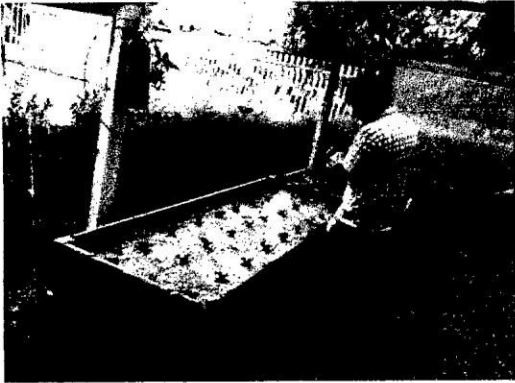


Fig. N° 73. Oxigenación del sistema raíz flotante.

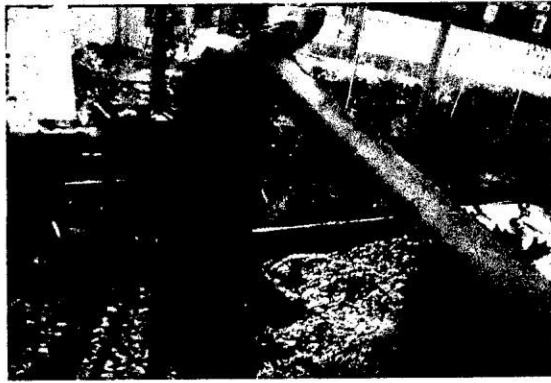


Fig. N° 74. Preparación de solución nutritiva.

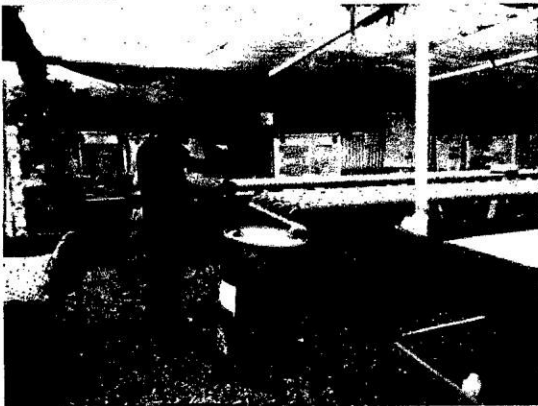


Fig. N° 75. Sistema hidropónico NFT.



Fig. N° 76. Plantas adaptadas al sistema hidropónico sustrato.



Fig. N° 77. Plantas adaptadas al sistema hidropónico raíz flotante.

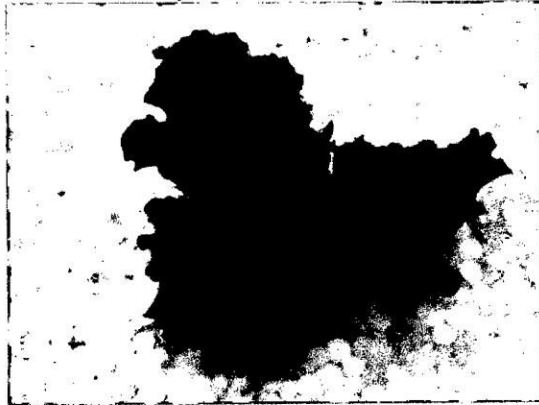


Fig. N° 78. Aplicación de soluciones nutritivas-sistema NFT.

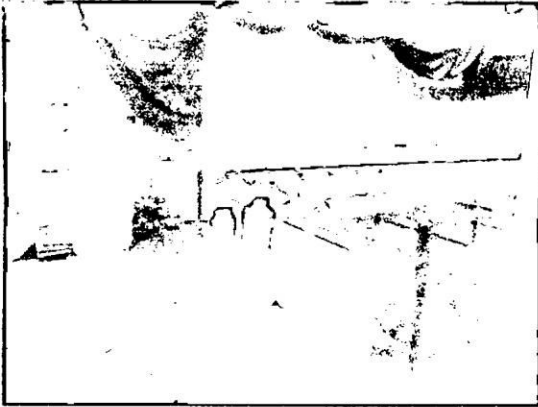


Fig. N° 79. Aplicación de solución nutritiva A y B.



Fig. N° 80. Agitando la mezcla de soluciones nutritivas con agua.



Fig. N° 81. Tanque de 200 litros.



Fig. N° 82. Ajuste del temporizador para la circulación de nutrientes.

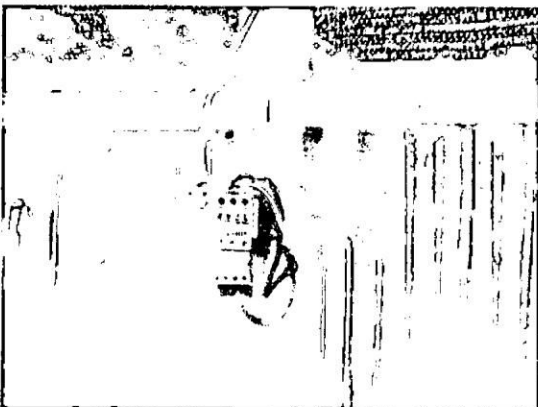


Fig. N° 83. Registro de la temperatura del día.

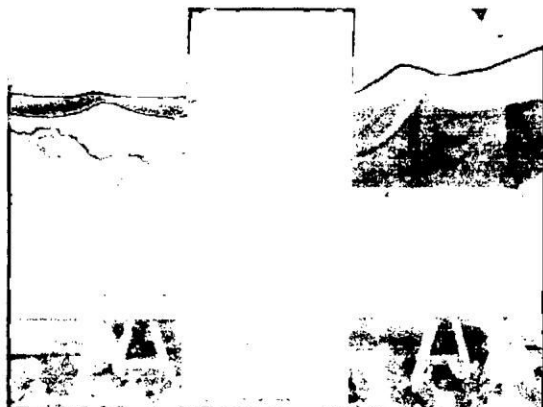


Fig. N° 84. Aplicación de soluciones nutritivas-sistema Raíz flotante.

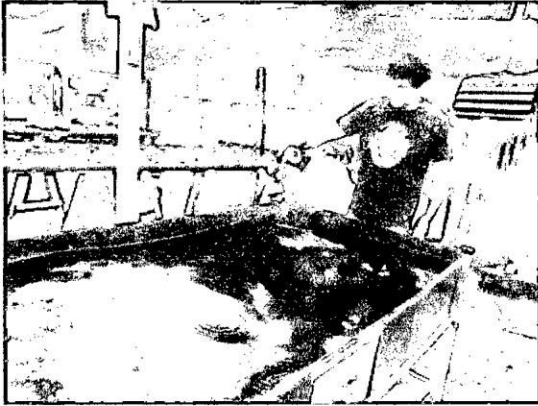


Fig. N° 85. Aplicación de solución nutritiva A.

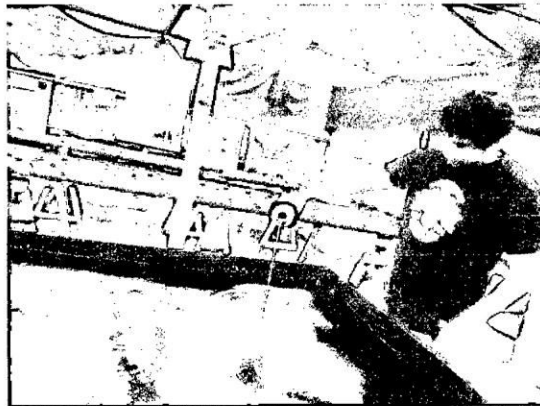


Fig. N° 86. Aplicación de solución nutritiva B.

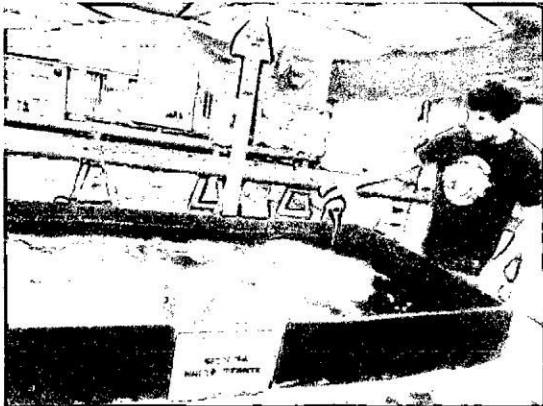


Fig. N° 87. Agitación de la solución nutritiva para su disolución.

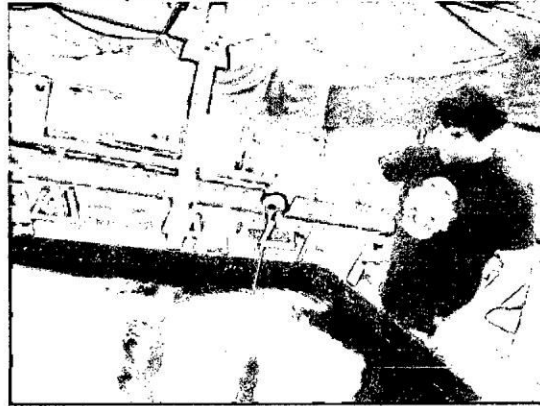


Fig. N° 87. Aplicación de macro y micronutrientes.

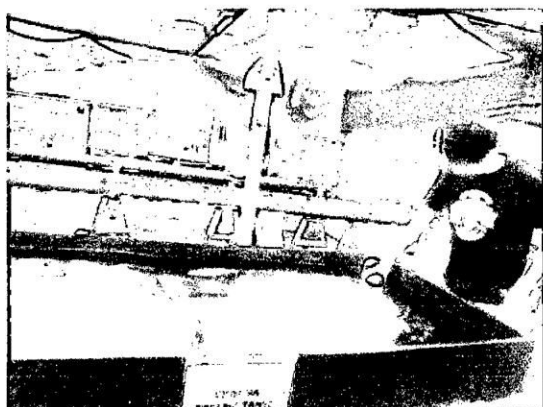


Fig. N° 89. Registro de la temperatura del día.



Fig. N° 90. Sistema Sustrato solido – aplicación de nutrientes.

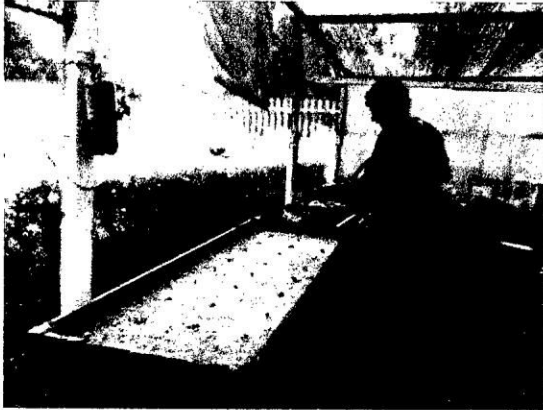


Fig. N° 91. Sistema Sustrato solido – aplicación de EM.

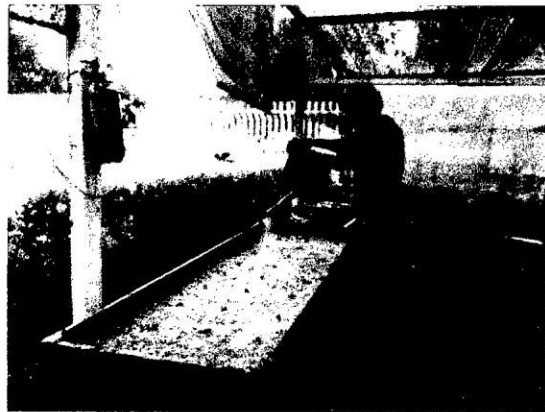


Fig. N° 92. Riego con solución nutritiva Ay B.



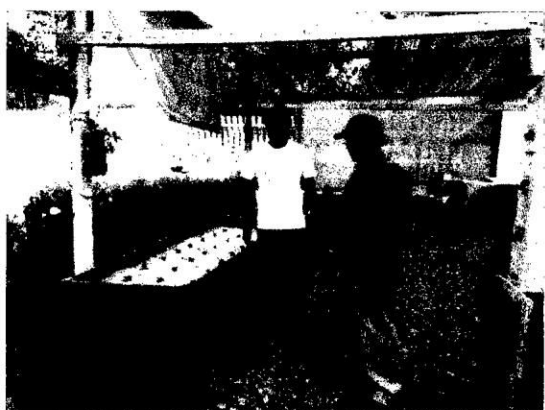
Fig. N° 93. Riego con EM activado.



Fig. N° 94. Desarrollo de las plantas en el sistema sustrato sólido.



Fig. N° 95. Visita del Ing. Grifelio Vargas – co asesor.



PARAMETROS EVALUADOS –TOMA DE DATOS

Fig. N° 96. Balanza analítica (usado para el pesaje).

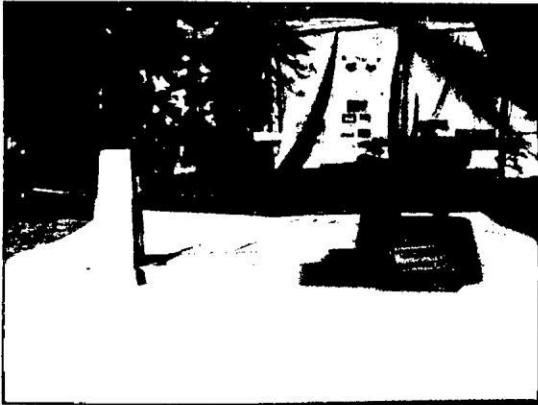


Fig. N° 97. Calibración de la balanza analítica antes de pesaje.



Fig. N° 98. Sistema hidropónico sustrato - plantas desarrolladas.



Fig. N° 99. Supervisión de la Ing. María Gutiérrez jurado de tesis.



Fig. N° 100. Supervisión del sistema raíz flotante.

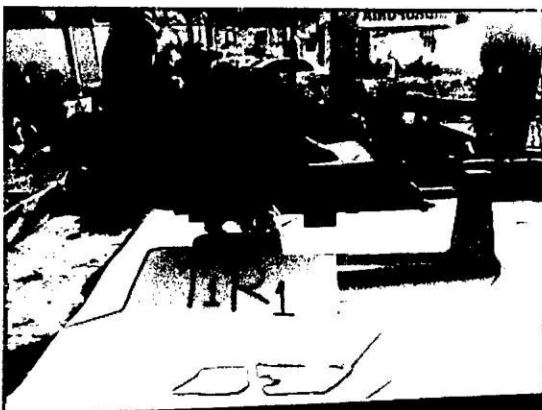


Fig. N° 101. Supervisión del sistema recirculante.



Fig. N° 102. Peso fresco total del tratamiento 3.



Fig. N° 103. Peso fresco total del tratamiento 3, repetición 1.



Fig. N° 104. Se evaluaron 10 plantas por cada sistema hidropónico



Fig. N° 105. Peso fresco total del tratamiento 2.



Fig. N° 106. Cortando la raíz para su pesaje correspondiente.



Fig. N° 107. Cortando la raíz para el pesaje correspondiente.



Fig. N° 108. Peso fresco de la parte aérea.



Fig. N° 109. Peso fresco de la parte raíz (tratamiento 1).

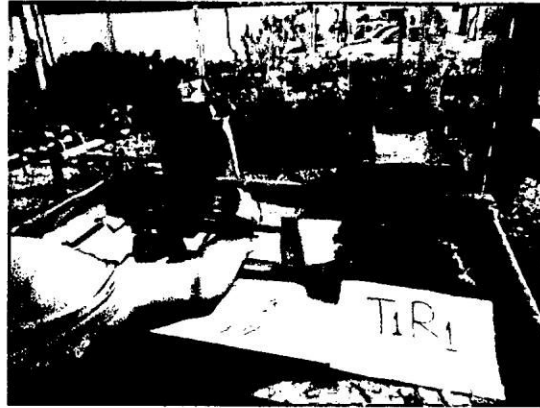


Fig. N° 110. Toma de datos de las evaluaciones.

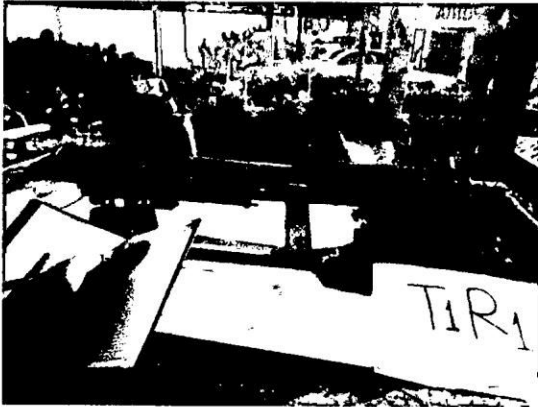


Fig. N° 111. Conteo del número de hojas/planta.



Fig. N° 112. Numero de hojas/planta del tratamiento 1- II campaña.

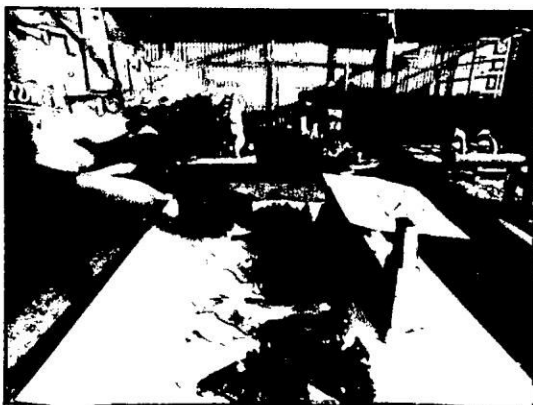


Fig. N° 113. Numero de hojas/planta del tratamiento 1 – I campaña.

