

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Efecto de tres concentraciones de microorganismos
eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca
sativa* L. “lechuga” var. Crespa, Ayacucho 2020.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA, EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA**

Presentado por la:

Bach. MITMA ENCISO, María Teresa

Ayacucho – Perú

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. María Teresa MITMA ENCISO
R.D.N° 094-2021-UNSC-FCB-D

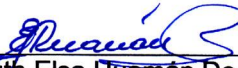
A los diecisiete días del mes de setiembre del año dos mil veintiuno, siendo las cuatro de la tarde, se reunieron a través de la plataforma virtual Google Meet, los docentes miembros del jurado calificador conformado por: Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (presidente) encargado con Memorando N° 315-2021-UNSC-FCB, quien a su vez es miembro jurado; Mg. Ruth Elsa HUAMÁN DE LA CRUZ (miembro jurado); Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA (miembro 4to jurado); Mg. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI (miembro asesor), actuando como secretaria docente la Mg. Nilda Aurea APAYCO ESPINOSA, para recepcionar la sustentación de tesis titulada **"Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. "lechuga" var. Crespa, Ayacucho 2020"** presentada por la Bach. **María Teresa Mitma Enciso**; previa verificación de la documentación exigida, el presidente autorizó el inicio del acto académico precisando que el sustentante dispone de cuarenta y cinco minutos, conforme lo establece el reglamento de grados y títulos de la Facultad de Ciencias Biológicas. Finalizada la sustentación, el presidente invitó a los miembros del jurado a participar con observaciones, aclaraciones y preguntas relacionadas al tema; el asesor se comprometió cumplir con las correcciones y sugerencias realizadas. Concluida esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y los asistentes abandonar la sala virtual a fin de proceder a la deliberación y calificación correspondiente.

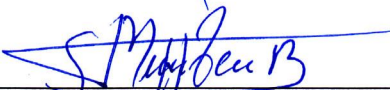
Seguidamente procedieron a la calificación, alcanzando los siguientes resultados:

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Presidente (e), miembro jurado)	17	17	17
Mg. Ruth Elsa HUAMÁN DE LA CRUZ (Miembro - jurado)	17	17	17
Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA (Miembro 4to jurado)	16	12	14
PROMEDIO			16

La sustentante alcanzó el promedio de 16 (dieciséis) aprobado. Acto seguido, el presidente invitó a la sustentante y al público reingresar a la sala virtual para dar a conocer el resultado de la evaluación; finalizando el presente acto académico siendo las siete y once de la noche, firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Jesús De La Cruz Arango
Presidente (e) – Miembro Jurado


Mg. Ruth Elsa Huamán De La Cruz
Miembro – Jurado


Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista
(Miembro – 4to jurado)


Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui
(Miembro – Asesor)


Mg. Nilda Aurea Apayco Espinoza
(Secretaria – Docente)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

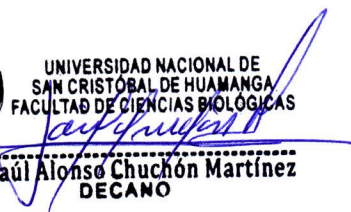
DECANATURA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS N° 032-
2021-FCB-D

Yo, SAÚL ALONSO CHUCHÓN MARTÍNEZ, Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **“Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de Lactuca sativa L. “lechuga” var. Crespa, Ayacucho 2020”**, presentado por la Bach. MARÍA TERESA MITMA ENCISO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 17%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-C.

En tal sentido, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 26 de octubre del 2021.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez
DECANO

Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa, Ayacucho 2020

por María Teresa Mitma Enciso

Fecha de entrega: 26-oct-2021 09:45a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1684668348

Nombre del archivo: 1A_Mitma_Enciso_Mar_a_Teresa_Pregrado_20021_TURNITIN.docx (212.32K)

Total de palabras: 9525

Total de caracteres: 50090

Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de Lactuca sativa L. "lechuga" var. Crespa, Ayacucho 2020

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe	11%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.unamba.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	tesis.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	1library.co	1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.unsaac.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.uho.edu.cu	1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.udh.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	



Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

A Dios por iluminar mi camino, a mis padres Teodoro y María; hermanos, por su permanente apoyo en mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma máter*, por brindarme la formación académica que me permitió ser profesional competente, con valores y principios, que es garantía de mi sólida formación académica y profesional.

A la Facultad de ciencias biológicas y su plana docencia por haberme orientado y brindado sus conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional y personal.

Al Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui, Asesor de la presente tesis, por sus constantes enseñanzas y recomendaciones para realizar cada una de las componentes del trabajo.

Al ing. Máximo Morote Quispe, investigador de INIA - Ayacucho, programa Nacional de Investigación en raíces y tuberosas, Coasesor externo de la presente tesis, por su colaboración.

Al Blg. Reynán Cóndor Alarcón, Coasesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional en la parte estadística del trabajo.

A los docentes de la Escuela profesional de Biología, que supieron orientarme y encaminarme en la formación académica y profesional, por su apoyo y sus consejos que me condujeron en el camino de la investigación, la sensibilidad social y a cultivar los valores.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	4
2.1.3. Antecedentes locales	4
2.2. Marco conceptual	5
2.2.1. Microorganismos eficientes EM	5
2.2.2. Activación de EM	5
2.2.3. EM-1 de aplicación en Hidroponía	5
2.2.4. Concentración	6
2.2.5. Rendimiento	6
2.2.6. Cultivo hidropónico	6
2.2.7. Raíz flotante	6
2.3. Bases teóricas	6
2.3.1. Microorganismos eficientes (EM)	6
2.3.2. Composición microbiológica de los microorganismos eficientes	7
2.3.3. Importancia de microorganismos eficientes (EM)	8
2.3.4. La activación del EM	8
2.3.5. Modo de acción de los microorganismos	9
2.3.6. Efectividad de los microorganismos eficientes (EM)	9
2.3.7. Aplicaciones de los microorganismos eficientes (EM)	9
2.3.8. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	10
2.3.9. Descripción botánica	10
2.3.10. Taxonomía	10
2.3.11. Valor nutricional de la lechuga	12

2.3.12. Rendimiento	13
2.3.13. Cultivo hidropónico	13
2.3.14. Técnicas hidropónicas	14
2.3.15. Solución nutritiva (nutrientes para el cultivo hidropónico)	14
III. MATERIALES Y METODOS	17
3.1. Ubicación de la zona de estudio	17
3.1.1. Ubicación política	17
3.1.2. Coordenadas proyectadas UTM	17
3.2. Población y unidad experimental	17
3.2.1. Población	17
3.2.2. Muestra	17
3.2.3. Unidad de análisis	17
3.3. Diseño experimental	18
3.4. Ambiente hidropónico	18
3.5. Procedimientos y recolección de datos	18
3.5.1. Instalaciones de contenedores de madera y planchas de tecnopor para el sistema de raíz flotante	18
3.5.2. Instalación del almácigo	19
3.5.3. Trasplante definitivo	19
3.5.4. Manejo de la solución nutritiva	20
3.5.5. Activación de microorganismos eficientes	21
3.5.6. Aplicación de microorganismos eficaces (EM -1)	21
3.5.7. Registro de conductividad eléctrica, pH	22
3.5.8. Control de plagas y enfermedades	22
3.5.9. Recolección de datos	22
3.6. Análisis estadístico	22
3.6.9. Cosecha	23
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	39
VII. RECOMENDACIONES	41
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la lechuga.	10
Tabla 2. Estructura del costo nutricional de la lechuga en 100 gramos de porción de cantidad que se puede comer.	13
Tabla 3. Composición de la solución concentrada A conforme con la Universidad La Molina.	15
Tabla 4. Composición de la solución concentrada B conforme con la Universidad La Molina.	15
Tabla 5. Dosificación de (EM-1) comercial representados para cada tratamiento.	18
Tabla 6. Fórmula de solución nutritiva para cultivo de lechuga.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Promedio del peso fresco (g) de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	27
Figura 2. Promedio de la altura (cm) de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	28
Figura 3. Promedio de número de hojas de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	29
Figura 4. Promedio de área foliar de las hojas (cm ²) de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	30
Figura 5. Promedio de la longitud de raíz (cm) de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	31
Figura 6. Promedio de rendimiento (kg/m ²) de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	32

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Vista satelital del Vivero de la empresa HIDRO - MITED S.A.C, ubicado en Av. Nicaragua 330, del distrito de San Juan Bautista, provincia Huamanga, región, Ayacucho 2021.	51
Anexo 2. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para peso fresco (g), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	52
Anexo 3. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para altura (cm), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	52
Anexo 4. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para número de hojas, de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	52
Anexo 5. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para el área foliar (cm ²), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	53
Anexo 6. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para longitud de raíz (cm), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	53
Anexo 7. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento (kg/m ²), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	53
Anexo 8. Prueba de comparación de Tukey para peso fresco (g), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	54
Anexo 9. Prueba de comparación de Tukey para la altura (cm), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1),	54

	Ayacucho 2021.	
Anexo 10.	Prueba de comparación de Tukey para número de hojas, de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	54
Anexo 11.	Prueba de comparación de Tukey para el área foliar (cm ²), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	55
Anexo 12.	Prueba de comparación de Tukey para longitud de raíz (cm), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	55
Anexo 13.	Prueba de comparación de Tukey para rendimiento (kg/m ²), de <i>Lactuca sativa</i> L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.	55
Anexo 14.	Datos registrados correspondientes a la medición semanal del pH de la solución hidropónica y conductibilidad eléctrica (ms/cm) en sistema raíz flotante, Ayacucho, 2021.	56
Anexo 15.	Flujograma de activación de EM comercial (EM-1).	57
Anexo 16.	Panel fotográfico de la secuencialidad del trabajo de investigación en el vivero de la empresa HIDRO_MITED S.A.C ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista, Ayacucho 2021.	58
Anexo 17.	Evaluación de los variables de estudio en lechugas hidropónica en diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho del 2021.	66
Anexo 18.	Diseño y distribución de las plantas de lechuga en el sistema raíz flotante, en las instalaciones del vivero de la empresa HIDRO_MITED S.A.C ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista, Ayacucho 2021.	67
Anexo 19.	Matriz de consistencia	58

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa, Ayacucho 2021”, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa. La ejecución de la investigación se realizó en el vivero de la empresa HIDRO - MITED S.A.C, ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista provincia de Huamanga; región Ayacucho, en el periodo de diciembre 2020 a marzo del 2021, cuyas coordenadas UTM WGS84 Este: 5866226,00; Norte: 85662267, 00; Altitud: 2872 msnm. El cultivo hidropónico se realizó bajo el sistema de raíz flotante, utilizando los siguientes tratamientos: tratamiento 1, tratamiento 2, tratamiento 3, tratamiento 4 testigo (0,0086 %, 0,0171 %, 0,0342 %, 0,00 % de microorganismos eficientes) respectivamente en el rendimiento de lechuga. Para la ejecución de la investigación se empleó 12 contenedores de madera, cada contenedor con su respectivo tecnopor y con su distribución de los huecos realizadas mediante la modalidad de siembra tres bolillos, constituido con una densidad total de 240 plantas de lechuga. El diseño utilizado fue DCA (Diseño Completamente al Azar), con 3 tratamientos, 1 testigo y 3 repeticiones. Los datos fueron tomados luego de la cosecha, se evaluaron en total 20 lechugas por cada tratamiento, su peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de la hoja, longitud de raíces y para el rendimiento se evaluó 20 lechugas por el área del contenedor y expresarlo en kg/m². Los resultados de los análisis estadísticos, se observa que el tratamiento 3 a una concentración de 0,0342 % de microorganismos eficientes (EM-1), mostraron medianas más altos con 2,43 kg/m² siendo significativamente diferente al resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento testigo mostro el menor rendimiento de lechugas con 1,96 kg/m². En conclusión, los microorganismos eficientes (EM -1), en los cultivos desempeñan papeles fundamentales en su crecimiento, desarrollo y acelera la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar, así mismo incrementa la fertilidad química de los mismos y elimina a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades.

Palabras clave: Microorganismos eficientes (EM -1), Cultivo hidropónico, raíz flotante, rendimiento, concentración.

I. INTRODUCCIÓN

El efecto de microorganismo eficientes (EM -1) sobre el crecimiento y desarrollo, la salud de las plantas es visibles. Con el uso de la tecnología EM -1 en el cultivo hidropónico es factible cambiar la producción en un sistema sostenible para mejorar la productividad y la calidad de la producción. Estas son las bondades que se observó que los microorganismos eficientes (EM-1), el 70 % de crecimiento/rendimiento en la cosecha, 50 % en el crecimiento de las raíces y se observaron sanas y blancas, la vida útil de los productos en el mostrador del supermercado duró entre 3 a 7 días (Cid, 2013). Los microorganismos eficientes (EM -1) favorecen la absorción de los nutrientes, incrementa la capacidad fotosintética de los cultivos y una mejoría en el desarrollo de las plantas (Arias, 2010).

El cultivo hidropónico es una alternativa sustentable, método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola. (Marín et al. 2019). En los últimos 5 años la hidroponía a nivel nacional se está convirtiendo en un tema de actualidad, por ello FAO y Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la UNALM vienen difundiendo y promoviendo la técnica en todo el país, contribuyendo en el desarrollo agrícola y apoyando proyectos sociales para mejorar la calidad de vida de la producción con menos ingresos (Rodríguez, 2010).

Lactuca sativa L. “lechuga” es una hortaliza que se consume a nivel nacional porque tiene significancia económicamente, por este motivo, se realizan muchas investigaciones. Existen diversas formas de producción de esta hortaliza, en la actualidad existe una tecnología de producción en hidroponía, es el más efectivo de esta manera se puede asegurar rendimientos altos y buena calidad de lechugas (Carranza, 2009).

En esta investigación se evaluará el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L.

“lechuga” var. Crespa, Ayacucho 2021, ya existe en el mercado el EM -1 un inoculante biológico que contiene diversos microorganismos eficientes (bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras y otros) (Arias, 2010).

Sin embargo, los mecanismos responsables para los efectos de los EM-1 no se manifiesta de manera concisa en varios aspectos (Higa *et al.*, 2013). Además, los diferentes reportes y publicaciones de los laboratorios que elaboran y comercializan estos productos, manifiestan que existe una mejoría en el enraizamiento de las plantas, promueve el crecimiento, mejora el color y textura de las hojas, aumenta significativamente la vida útil del producto principalmente en las hojas (lechuga, albahaca, etc.) (EM Producción y Tecnología SA, 2006).

Es necesario realizar investigaciones científicas confiables que permita resolver el efecto de las diferentes dosis, frecuencia, formulaciones y condiciones de aplicación de los EM-1 sobre el crecimiento y desarrollo, acelera en la fisiología, desarrollo vigoroso y rendimiento de los cultivos.

En esta tesis investigación se evaluó el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa en el vivero de la empresa HIDRO - MITED S.A.C ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista, Ayacucho, para garantizar rendimientos altos y buena calidad de las lechugas.

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa.

Objetivos específicos

1. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de raíz de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa a la concentración de microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0086 %.
2. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de la raíz de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa a la concentración de microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0171 %.
3. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de raíz de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa a la concentración de microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0342 %.
4. Determinar el rendimiento kg/m² de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa a la concentración de microorganismos eficientes (EM -1).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Callisaya *et al.* (2017), en su investigación evaluaron el impacto que poseen los microorganismos eficientes EM -1, en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) variedad SMR-58 y Eureka con la aplicación foliar de EM-1 en el Municipio de Achocalla - Ecuador el año 2017. En este ensayo los microorganismos del suelo fueron capturados, recolectados y multiplicados. El diseño que se utilizó fue Bloques al azar; con 3 repeticiones y 6 tratamientos, con un total de 12 unidades experimentales. Las distintas concentraciones de microorganismos eficientes fueron: Concentración 1 = 10 %, Concentración 2 = 50 % y Concentración = 80 %. El rendimiento más grande obtuvo en el Tratamiento 5 con 14,57 kg/4,2 m², la hortaliza ha sido de la variedad SMR-58 con la concentración 2 (50 % de microorganismo eficiente disuelto en cinco litros de agua), comparando con el tratamiento 1, la variedad de lechuga Eureka con la concentración 1 (10 % de microorganismo eficiente disuelto en cinco litros de agua).

Rojas (2010), en su investigación titulada evaluación del desarrollo de *Lactuca sativa* L “lechuga” en un sistema hidropónica recirculante donde se aplicaron en dos soluciones nutritivas que fueron combinados con microorganismos benéficos (MOBS) en el Cantón Paute - Ecuador el año 2010. En el sistema de NFT el crecimiento de *Lactuca sativa* L “lechuga” fue lento y no llegó al desarrollo que se esperaba, su follaje alcanzó a medir el 50 % del tamaño ideal.

Concluye que su alimentación única por microorganismos benéficos en sistema hidropónico no es del todo factible.

Cid Simoes (2013), reportó en su trabajo sobre los adelantos de la Tecnología EMTM en Brasil en el cultivo Hidropónico. Esta investigación inició con lechuga, luego se probó con pepino y tomate. Las dosis que se aplicaron fueron los próximos: 1 L de EM -1 activado por cada 500 L de S.N, un litro de EM -1

activado por cada 1000 L de S.N, 1 L de EM -1 activado por cada 2000 L de S.N, 1 L de EM -1 activado por cada 5000 L de S.N (solución nutritiva). También Cid Simoes (2013), reportó que los resultados en los suelos son más lentos, mientras que en el campo de la hidroponía se ha verificado que el EM -1 es una herramienta de gran interés y alcanzó uno de los más elevados niveles de producción diferenciado con los sistemas tradicionales.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Chávez (2013), diseñó e implementó un sistema NFT doble nivel para la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* var. Campania) con tecnología EM™ en el distrito de Chiguata, Arequipa el año 2013. Donde se evaluó el crecimiento, desarrollo y producción de lechuga hidropónica, para el ensayo se utilizó diseño de bloques completamente al azar; con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta; diámetro de planta; longitud de raíz; número de hojas y peso de planta. Se realizó cinco evaluaciones, a los 7, 14; 21; 28 y 35 ddt (luego del trasplante) en las tres evaluaciones resultó 7; 14 y 21 ddt, se observó alta diferencia en la altura de la planta en el tratamiento (T1), frente al tratamiento (T2), en las dos últimas evaluaciones se observó mayor altura de planta, con 15,85 cm frente al tratamiento (T1) de 17,32 cm.

Rongagliolo (2015), en sus tesis “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 en el año 2014”, se evaluó el rendimiento de lechuga Híbrida-rosabella roja en tres sistemas hidropónicos c/n aplicación de EM-1. Se utilizó DCA, con tres tratamientos, donde el tratamiento 1 = Sistema Hidropónico Recirculante con Aplicación de microorganismos eficaces), Tratamiento 2 = Sistema Hidropónico Raíz Flotante c/n Aplicación de EM-1, Tratamiento 3 = Sistema Hidropónico Sustrato Sólido con Aplicación de microorganismos eficientes). Como resultado final se observó que la hortaliza con el tratamiento 1 obtuvo mayor altura, peso, número de hojas.

2.1.3. Antecedentes locales

Vargas (2018), en su investigación titulada Aplicación de microorganismos eficientes en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L, en condiciones de vivero en Ayacucho el año 2018. Se preparó microorganismos eficientes autóctonos en un cilindro de 200 L con diferentes concentraciones de

microorganismos autóctonos: agua (autóctonos puro, 0,5:0,5 y 0,25:0,75) para todos los tratamientos (Tratamiento 1, Tratamiento 2 y Tratamiento 3) y para la preparación de microorganismos eficientes comerciales (0,05: 0,95), para el tratamiento 4 (T4) y el testigo (T5); desde la aplicación de la dosis correcto de microorganismos eficientes. El resultado obtenido, estadísticamente no se observó diferencia significativa en los indicadores de altura y grosor de los plantones. Mientras tanto que, en el indicador número de hojas se localizó diferencias significativas estadísticamente en el tratamiento puro (T1), verificó ser el mejor promedio de 11 hojas comparativamente con el testigo (T5) con un número de hojas promedio de 10 hojas.

Prado (2018), investigó el efecto de tres concentraciones de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico en Ayacucho el año 2017. La indagación se desarrolló en un sistema NFT, para eso usó los subsiguientes tratamientos: t1, t2, t3, t4 y tratamiento testigo (0,04 %; 0,06 %; 0,08 %; 0,05 % y 0,00 % de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,) respectivamente. Bajo un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos constituidos por el factor concentración y 14 repeticiones. En la cosecha, un total de 70 lechugas por cada tratamiento se evaluaron: peso fresco, altura, número de hojas, largo y ancho de la hoja y tamaño de raíces y para la variable rendimiento se evaluó 15 lechugas por m^2 y se manifestó en kg/m^2 . En los resultados reportó mayores rendimientos ($2,78 \text{ kg}/\text{m}^2$) a una concentración de 0,08 % de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y estadísticamente mostraron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. En lo que en el tratamiento T0 (testigo) reportó un mínimo rendimiento de lechugas con $2,56 \text{ kg}/\text{m}^2$.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Microorganismos eficientes EM

Los microorganismos eficientes o efectivos (EM) es un cultivo mixto de microorganismos beneficiosos de origen nativo, sin manipulación genética y fisiológicamente compatibles unos con otros (Arias, 2010).

2.2.2. Activación de EM

Es una sucesión de viabilizar las bacterias que constituyen los microorganismos eficientes en el producto comercial por lo general siempre se encuentran en estado de latencia (Navarro, 2019).

2.2.3. EM-1 de aplicación en Hidroponía

Es un producto comercial compuesto por microorganismos beneficiosos

utilizados en diferentes cultivos para restablecer el crecimiento y desarrollo de una planta. Por lo general se aplica por la vía foliar del cultivo o en la solución nutritiva (Arias, 2010).

2.2.4. Concentración

La concentración química determina la proporción entre la porción de soluto con respecto a la porción de solvente.

2.2.5. Rendimiento

Se establece dividiendo los datos del factor de producción respecto a componente área cosechada (FAO Glosario de riego, 2021).

2.2.6. Cultivo hidropónico

Cultivo hidropónico es un método donde no se utiliza suelo, es decir se adiciona una solución nutritiva que incluye elementos principales para el crecimiento de la planta. Por este método se aprovecha áreas no convencionales, siempre se tiene que tener en cuenta las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes (Beltrano *et al.* 2019).

2.2.7. Raíz flotante

Es una técnica de cultivo en agua, en la cual las plantas desarrollan su parte aérea flotando en una plancha de tecnopor que se mantiene a flote dentro de un recipiente que comúnmente se le llama contenedor, teniendo las raíces dentro de la solución nutritiva (Beltrano *et al.* 2019).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes o efectivos conocidos por su sigla en inglés (EM), es un cultivo mixto de microorganismos servibles del todo naturales se hallan en su mayoría en los suelos y en los alimentos (Luna *et al.* 2016).

Según Luna (2016), Estos microorganismos se clasifican en los siguientes grupos: ácidos lácticos, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores. Se puede aplicar como inoculante para restablecer el equilibrio microbiológico del suelo y mejorar sus condiciones fisicoquímicas, esto permite incrementar la producción de los cultivos y realizar varias funciones, como degradar, conservan los recursos naturales, el objetivo principal es generar una agricultura sostenible (Rodríguez, 2013).

Esta combinación biológica de microorganismos, se puede afirmar que no son perjudiciales, tampoco tóxicos, es de origen natural, altamente eficientes (Callisaya, 2017).

2.3.2. Composición microbiológica de los microorganismos eficientes

a) Bacterias ácido lácticas (BAL)

Según Tanya (2019), Los BAL son ácidos tolerantes, capaces de soportar pH de 2 o 3. Estas bacterias fabrican el ácido láctico a partir de azúcar, carbohidrato y luego sintetizan las bacterias fotosintéticas y levaduras.

El ácido láctico es un compuesto esterilizante, que elimina microorganismos patógenos y aumenta la descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas se pueden aislar de alimentos fermentados, masas ácidas, bebidas, plantas, entre otros. Las bacterias incluyen Los géneros como: *Lactobacillus*, *Bidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* y *Pediococcus* (Tanya, 2019).

b) Bacterias fotosintéticas

Son Habitantes habituales del suelo y raíces de las plantas. Estas bacterias previenen los malos olores o sea los neutralizan, además adsorben aminoácidos, azúcares, entre otros desde las secreciones de raíces, materia orgánica. Dichas sustancias son aprovechados para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Callisaya, 2017).

c) Levaduras

Según Arias (2013), Las levaduras son hongos unicelulares, manteniendo las ventajas de los microorganismos en cuanto a su fácil manipulación y crecimiento rápido. Tienen la capacidad de usar diferentes fuentes de carbono como la (glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa, fructosa, suero hidrolizado y alcohol).

Por otro lado, generan sustancias que actúan como hormonas promotoras de crecimiento y desarrollo de las plantas. Una de las especies comunes es *S. cerevisiae* que emplea diferentes azúcares como fuente de carbono. Puede desarrollarse en condiciones de deficiencia de oxígeno, es decir, es anaeróbica facultativa (Luna, 2016).

d) Actinomicetos

Son bacterias filamentosas tienen cierta semejanza a los hongos. Muchos de ellos son de vida libre principalmente en el suelo (Tanya, 2019). Actúan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (Arias, 2013).

e) Hongos fermentadores

Se reproducen rápidamente de forma asexual bajo condiciones favorables, en sustratos ácidos y ricos en carbono, y de forma sexual (por esporas). Además,

contribuyen con la mineralización del carbono orgánico del suelo (Luna, 2016).

Especies más comunes son: hongos de fermentación como *Aspergillus* y *Penicillium* (Arias, 2013).

2.3.3. Importancia de microorganismos eficientes (EM)

La aplicación de EM tiene como objetivo contribuir al mejoramiento productivo como en la agricultura, ganadería, medio ambientes, salud, industrial, construcción, para el manejo de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Cid Simoes, 2013).

a) En semilleros

- Incremento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su impacto hormonal, parecido con eficaz el ácido giberélico.
- Incremento de crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la salida de las plántulas (Higa, 2013).

b) En las plantas

- Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades
- Aumenta la capacidad fotosintética por medio de un aumento desarrollo foliar (Higa, 2013).

c) En los suelos

Los efectos del microorganismo en el suelo se enmarcan en el avance de las características físicas, químicas, biológicas y eliminan enfermedades.

Efecto en las condiciones físicas del suelo: Fortalece la estructura, además reducen su compactación, aumenta los espacios porosos y así mismo mejora la infiltración del agua.

Efecto en las condiciones químicas del suelo: Perfecciona la disponibilidad de nutrientes en el suelo, dividiendo las moléculas que los mantienen firmes, y por otro lado deja los elementos dispersados con el objetivo de poder facilitar la absorción por el sistema radicular.

2.3.4. La activación del EM

El microorganismo eficiente posee varias denominaciones como ejemplo tenemos; microorganismos eficientes solución madre, microorganismos eficientes básico, microorganismos eficientes concentrado, microorganismos eficientes original, etc. Tienen distintos nombres para el mismo producto, pero el EM-1 viene solamente en forma líquida y es un microorganismo útil y seguro.

El EM-1 está en estado inactivo, para poder preservar a prolongado plazo, antes

de utilizarlo, se tiene que activarlo (microorganismo eficiente Activado = EMA). De esta manera microorganismo eficiente Activado consiste en 5 % de EM-1 y 5 % de melaza disuelto en 90 % de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Para que se realice el fermento se deja entre una o dos semanas. Presenta un olor agrídulce y un pH 3,5 de esta manera demuestra que el proceso de activación está completo. Un microorganismo eficiente sin activación es de mala calidad, no trabaja ni actúan las bacterias en el lugar (INFOAGRO, 2011).

2.3.5. Modo de acción de los microorganismos

Las raíces de las plantas como parte de su funcionalidad secreta sustancias, las cuales son usadas por los microorganismos eficientes para su incremento, desarrollo y aumento de la población. Producto de esta interacción los microorganismos sintetizan azúcares, aminoácidos, fitohormonas, vitaminas, ácidos nucleicos, etc.

Una vez que los microorganismos eficaces incrementan su población, como una sociedad en el medio en que se hallan, el incremento en la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbianos y descartando los microorganismos patógenos (Arias, 2013).

2.3.6. Efectividad de los microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos se clasifican, en tres conjuntos: microorganismos regeneradores, desintegradores, neutrales. En este mundo microbiano hay un equilibrio, si este se deshace ocurrirá una incursión de patógenos (microorganismos descomponedores). Los microorganismos regeneradores no cuentan un dominio antioxidante y de sustancias bioactivas, también incitan la fermentación apropiada (Arias, 2013).

No obstante, los microorganismos neutrales, se hallan en una postura intermedia entre los microorganismos desintegradores y los regeneradores. Los EM trabajan de una manera simbiótica con los diferentes microorganismos del suelo, promoviendo el incremento de la microflora y la estabilidad microbiológico, eliminando los patógenos y las enfermedades ocasionadas en los suelos (Arias, 2013).

2.3.7. Aplicaciones de los microorganismos eficientes (EM)

Sus aplicaciones son múltiples: EM para la agricultura, actividad pesquera, aves de corral, producción de animales, tratamiento de agua contaminada, reciclar

desechos sólidos, EM en la vida diaria (Higa, 2013).

Se reporta que la aplicación de microorganismo eficiente al suelo mantiene mayor agua, esta variación conlleva un progreso de los cultivos que aumentan su resistencia al estrés hídrico en épocas secas. El EM no es un reemplazo de otras prácticas de uso agrícola, sino que es un implemento agregado para mejorar las prácticas de manejo de suelo y cultivo. Esta tecnología progresó en los años 80 por el Dr. Teruo Higa en Japón buscaba reemplazos de pesticidas y fertilizantes químicos, revela que los microorganismos refuerzan las actividades biológicas de las plantas (INIFED, 2011).

2.3.8. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) Pertenece a la familia *Asteraceae*. Es una hortaliza con gran historia, llegando a ser incluso respetadas por los antiguos griegos y romanos en el año 2500 A.C

Posteriormente después del transcurso de domesticación, la lechuga se extendió aceleradamente por el Mediterráneo y después a Europa Occidental. Tiene elevado porcentaje de agua (95 %), ricas en vitaminas A, B, C, B, B2, B3, minerales y antioxidantes, es provechoso para prevenir enfermedades cardiovasculares tiene potasio, calcio, hierro y aminoácidos (Carranza, 2009).

2.3.9. Descripción botánica

La lechuga es una hortaliza herbácea de tipo anual, dicotiledónea, autógama, perteneciente a la familia *Asteraceae*, cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa*, cuando se encuentra en etapa mancebo en sus tejidos se encuentra jugo lechoso llamado látex (Prado, 2018).

2.3.10. Taxonomía

Según el sistema de clasificación de Cronquist (1988), *Lactuca sativa* L. tiene la siguiente posición taxonómica (Prado, 2018).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la lechuga.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Género:	Lactuca
Especie:	<i>Lactuca sativa</i> L.

Fuente: Prado (2018).

Variedad de lechuga crespa

Variedad de hojas muy anchas, onduladas y rizadas, presenta color verde oscuro. Esta variedad se acomoda con velocidad se cultiva a lo largo de otoño, invierno, verano en principios de primavera (Montesdeoca, 2009).

Fases fenológicas de la lechuga

En el ciclo de cultivo de la mayoría se distinguen cinco fases:

- Fase de emergencia.
- Fase de plántula.
- Fase de formación de roseta; las hojas iniciales forman una roseta.
- Fase de formación de cogollo; las hojas desarrolladas forman un conjunto compacto que emergen desde el nudo o cuello.
- Fase de reproducción o emisión del tallo floral.
- La lechuga bajo el sistema de trasplante y siembra directa tiene la siguiente fenología, depende mucho de la variedad de lechuga.
- Emergencia: 6 días
- Trasplante: en siembra directa en 25 días
- Producción de semillas: 45 a 70 días en siembra directa 120 días (Moroto, 1995).

Características biométricas y morfológicas de la lechuga.

Estado de desarrollo de longitud de raíz

La lechuga se compone de un sistema radical compuesto por una raíz principal poca profunda que se caracteriza por un rápido crecimiento, a razón de una pulgada por día.

Las primeras raíces laterales son horizontales. Luego el conjunto de raíces es muy similar en diámetro y longitud de la raíz principal (Carrasco, 2016).

La raíz es de tipo pivotante y crecen hasta un máximo de 30 cm de profundidad y no sobrepasan estas mediadas. Tienen varias raíces laterales para absorción, que se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm. Se mide desde el cuello de la raíz hasta la cofia (Catata, 2016).

La lechuga hidropónica es comercializada con raíces, las cuales demuestran el método de producción utilizado y la frescura del producto (Pertierra, 2020).

a) Tallo

El tallo es muy reducido de 2 a 5 cm, es de tipo cilíndrico es así que se interponen las hojas, teniendo formas, medidas y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha.

Las hojas de las lechugas se caracterizan al producto comercial, aspecto fundamental en la preferencia de los consumidores. Formación de rosetas con 12 a 14 hojas (INFOAGRO, 2011).

b) Peso

El Peso medio de una lechuga es de unos 300 gr, dependiendo de la variedad (INFOAGRO, 2011).

c) Altura de la planta

Se considera altura desde el cuello de la raíz hasta el ápice de las hojas (INFOAGRO, 2011).

d) Largo y ancho de las hojas

La lechuga es de gran diversidad, de acuerdo a sus distintos tipos de hojas y hábitos de crecimiento y desarrollo. Estas diversas características han llevado a diferentes autores a distinguir variedades botánicas en la especie. *Lactuca sativa* L. var. *Longifolia* (Lam.) Janchen, corresponde a la lechuga romana de 20 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de ancho, con nervadura saliente, superficie levemente ondulada. *Lactuca sativa* L. var. *Augustuana* ALL: corresponde a la lechuga esparrago. Sus hojas son reducidas (4 a 6 cm), lanceoladas y largas.

La medida de largo y ancho de las hojas depende de la variedad de lechuga que se cultive (INFOAGRO, 2011).

e) Flores e inflorescencia y semilla

Manifiestan que la inflorescencia constituye grupos de 15 a 25 flores, están ramificados y además tiene una coloración amarilla. Las semillas tienen medidas de 4 -5 mm de longitud, comúnmente son de color blanco crema. Igualmente, expresan que el fruto de la lechuga es seco y alargado (Boletín INIA / N° 09 (ISSN 0717- 4829)

2.3.11. Valor nutricional de la lechuga

El costo nutricional cambia dependiendo del nivel de color y la postura de la hoja (hojas externas e internas), las hojas que permanecen localizados en las partes externas resultan muy ricas en nutrientes (Biblioteca Técnica de Servicios y Almacenes S.A)

Tabla 2. Estructura del costo nutricional de la lechuga en 100 gramos de porción de cantidad que se puede comer.

Nutrientes	Cantidades	Unidades
Agua	95,4	G
Proteína	1,5	G
Lípidos totales	0,3	G
Fibra	1,5	G
Calcio	42	Mg
Hierro	0,7	Mg
Yodo	5	Mg
Magnesio	12	Mg
Sodio	9	Mg
Tiamina	0,06	Mg
Vitamina A (UI)	300	Mg
Riboflavina	0,03	Mg

Fuente: Moreiras et al. (2010).

2.3.12. Rendimiento

La información se registra en hectogramos (100 gramos) por hectárea (hg/ha) (FAO Glosario de riego, 2021).

Indica que son muchos los factores que influye sobre el rendimiento entre ellos el tipo de suelo, la variedad, época de siembra, densidad de plantación y los campos de producción, pueden conseguirse aproximadamente de 30-60 t/ha en el rendimiento (Moroto, 1995).

Componentes del rendimiento: La cantidad de individuos existentes en esa unidad de superficie (densidad de población), producción particular de cada individuo entre otros (Marín, 2002)

2.3.13. Cultivo hidropónico

La hidroponía es una ciencia de actualidad, se utilizó comercialmente desde hace cuarenta años como una opción de cultivar en áreas pequeñas, el único impedimento es el agua y las soluciones nutritivas, aun cuando en lugares donde no hay recursos de agua se puede utilizar agua de mar por este proceso de desalinización. De esta manera es de gran ayuda para lugares áridos que son incultivables (Beltrano, 2019).

Importancia de la hidroponía

El sistema hidropónico es muy importante en la actualidad, puesto que permite cultivar productos agrícolas en poco tiempo y espacio y tiene importancia en los contextos ecológico, económico y social. (Pizarro et al. 2019).

2.3.14. Técnicas hidropónicas

Técnica de raíz flotante

Se elabora estanques llamadas contenedores utilizando cualquier material como: Madera, plástico o puedes ser de cemento. Se utiliza el tecnopor para cubrir los contenedores, de esta manera tienen agujeros en la que se coloca la planta, de esta manera las raíces están bajo el tecnopor (Beltrano, 2019).

Técnica de flujo laminar de nutrientes (NFT)

Donde las raíces se colocan dentro de las tuberías, dentro circula el agua con soluciones nutritivas. Las raíces cuelgan dentro, y solo las puntas tocan el flujo. Como esta película es muy delgada, se oxigena por tener poco volumen y mucha superficie en contacto con el aire. (Beltrano, 2019).

Técnica en sustratos sólidos

Las plantas se colocan en maceteros, con una buena aireación y retención de humedad. Como ejemplo tenemos arcilla, fibra de coco, arenas. El riego de agua con nutrientes puede realizar por desbordamiento o riego por goteo (INFOAGRO, 2012).

a) Las ventajas del cultivo hidropónico

Una de los beneficios es que no se necesita la rotación de cultivos como en los sistemas de siembra clásico, se crea una mínima pérdida de agua, se muestra pocos inconvenientes con malezas, reduce la aplicación de agroquímicos.

- Reutilizar suelos que no son aptos para una agricultura clásico.
- Los rendimientos obtenidos en este nuevo sistema son de manera significativa más grande en relación a la producción clásico en suelo.
- Existe menor gasto de agua y fertilizantes.

b) Las desventajas del cultivo hidropónico

- Costo de inaugural es alto
- Se debe tener conocimientos en fisiología y nutrición, principalmente de los cultivos que se quiere producir.

La carencia de experiencia sobre todo en el manejo de las soluciones nutritivas puede modificar la concentración y estructura en el medio, consecuentemente puede influir la calidad y aspecto del cultivo, por consiguiente, se requiere una capacitación constante (Gilsanz, 2007).

2.3.15. Solución nutritiva (nutrientes para el cultivo hidropónico)

Son todos aquellos elementos primordiales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. Están compuestas por algunas sales y sustancias

químicas entre nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), manganeso (Mn), calcio (Ca), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Todos y cada uno de dichos elementos en mención tienen funciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por lo tanto, la ausencia se convierte en síntomas específicos que se manifiestan en las hojas, tallos, flores etc. de la planta.

Las plantas por medio de las raíces absorben alimentos desde de minerales de las soluciones inicialmente preparadas en forma correcta, y sus recursos orgánicos los preparan autotróficamente por procesos de fotosíntesis y biosíntesis (FAO, 2003)

Entonces, la solución nutritiva es el producto de la combinación del agua y los nutrientes minerales disueltos en ella; los que se añaden por medio de sales, en porciones y proporciones idóneas (Rodríguez, 2013).

a) Solución Concentrada A: (para cinco litros de agua, volumen final).

Tabla 3. Composición de la solución concentrada A conforme con la Universidad La Molina.

Elemento	
KNO ₃ 13,5 % N,45 %K ₂ O	550 g
NH ₄ NO ₃ 33 % N	350 g
Ca(NH ₂ PO ₄) ₂ 45 % P ₂ O ₅ ,20 %CaO	180 gr

Fuente: Orellana y León (2011).

b) Solución Concentrada B: (Para dos L de agua, volumen final) Según Orellana (2011).

Tabla 4. Composición de la solución concentrada B conforme con la Universidad La Molina

Elemento	
MgSO ₄ 16 % Mn O	220 g
C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₆ FeNa 6 % Fe	17 g
Solución de Micronutrientes	400 ml

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

La investigación se ejecutó en el vivero de la empresa HIDRO - MITED S.A.C, ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista provincia de Huamanga; durante el periodo de diciembre 2020 a marzo del 2021.

3.1.1. Ubicación política

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : San Juan Bautista
Lugar : Miraflores

3.1.2. Coordenadas proyectadas UTM

Este : 586 6226, 00 m E
Norte : 854 3167, 00 m S
Altitud : 2737 m.s.n.m

3.2. Población y unidad experimental

3.2.1. Población

Estuvo integrada por todas las plantas de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa del almácigo.

3.2.2. Muestra

Por conveniencia se determinó 20 plantas que constituyeron la muestra no probabilística de cada tratamiento (testigo, t1, t2, t3) ubicados en contenedores de madera (camas de cultivo) en el sistema de raíz flotante, cada tratamiento se realizó por triplicado, haciendo un total de 240 plantas de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa.

3.2.3. Unidad de análisis

Plantas de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa por cada tratamiento.

3.3. Diseño experimental

El reparto de los tratamientos en el sistema de Raíz Flotante, se efectuó con el Diseño experimental completamente al azar (DCA) con 03 tratamientos construido por niveles de concentración de (EM -1) y 03 repeticiones construido por contenedores que consistieron en cajones de madera (camas de cultivo), con 20 unidades muestrales de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa, se consideró 01 testigo.

Tabla 5. Dosificación de (EM-1) comercial representados para cada tratamiento

Tratamientos	Concentración de (EM -1)	Frecuencia de aplicación de (EM -1)
T1	0,0086 %	1 vez por semana
T2	0,0171 %	1 vez por semana
T3	0,0342 %	1 vez por semana
T4 (testigo)	0,0000 %	0

Leyenda

Tratamiento T1: 0,0086 % de concentración de (EM -1)

Tratamiento T2: 0,0171 % de concentración de (EM -1)

Tratamiento T3: 0,0342 % de concentración de (EM -1)

Testigo T4: 0,0000 % de concentración de (EM -1)

*EM - 1: Microorganismos Eficientes

3.4. Ambiente hidropónico

Estuvo protegido por plástico agrofilm de 10 calibres por la parte superior, para evadir el ingreso de la lluvia, granizo, viento, y las partes laterales estuvo protegida por malla “raschell” de 60% de sombra.

El vivero estuvo constituido por una infraestructura de 10 m de largo, 5 m de ancho y 2,5 m de altura, con estructura de madera (rollizos de eucalipto) cubierta con malla raschell.

3.5. Procedimientos y recolección de datos

3.5.1. Instalaciones de contenedores de madera y planchas de tecnopor para el sistema de raíz flotante

La instalación se realizó tomando en cuenta la metodología de Rongaglio (2015).

- Los contenedores de madera 88 cm de largo y 65 cm de ancho por 12 cm de altura (medidas de la parte interna del contenedor o caja); las cuales fueron tapadas con plástico negro calibre 0,05 mm, se cortó el plástico de la siguiente manera.
- Se fijó el plástico en el cajón de madera con los chinchas (Rongaglio, 2015).
- El tecnopor tuvo las siguientes medidas de 86 cm de largo, 63 cm de ancho y 1 pulgada de grosor, la distribución de los hoyos fue mediante la

metodología de siembra tres bolillos de tal manera que se tuvo un total de 20 hoyos separados unos de otros a 17 cm respectivamente para taladrar el tecnopor se manejó un taladro con un hoyo de copa de 1 pulgada $\frac{1}{4}$ que equivale a 3,2 cm (Rongaglio, 2015).

- La nivelación de los contenedores de madera se ejecutó con el nivel de agua, se ha usado una regla grande; en seguida se procedió al llenado del agua en el contenedor de madera, se aplicó utilizando la fórmula: primeramente se multiplicó el largo del contenedor por el ancho del contenedor y por la altura de la lámina de agua sucesivamente se pasó a dividir la cantidad entre mil para poder sacar el volumen de agua; a cada contenedor de madera se llenó con 68,48 L de agua por consiguiente se precisó un total de 821,76 L de agua para los doce contenedores de madera (Rongaglio, 2015)

3.5.2. Instalación del almácigo

- El almácigo se realizó teniendo en cuenta la metodología de Prado (2019), para ello se utilizó dos bandejas germinadoras de 200 cavidades, como sustrato se usó turba “Plug mix”, después la semilla se situó a una profundidad de 3 mm y luego se cubrió con el mismo sustrato y luego se humedeció con agua.
- Después de dos semanas se preparó una solución nutritiva con 5 ml de solución A y 2 ml de solución B para 1 L de agua, se regó manualmente hasta ser trasplantados (Prado, 2018).
- Las semillas estuvieron por un mes en las bandejas germinadoras hasta tener estas características de 5 hojas y así estarán listos para el trasplante (Prado, 2018).

3.5.3. Trasplante definitivo

- Las plántulas se sacaron del almácigo teniendo cuidado así para evitar daños que puedan dar en el sistema radicular (Prado, 2018).
- Sucesivamente se realizó el lavado de las raicillas de cada plántula para eliminar los restos del sustrato.
- Para asegurar la plántula se utilizó esponjas, para eso se realizó cortes de pequeños cubitos de esponja y después de un corte en el medio se colocó a cada una de la plántula de lechuga.
- Como último se colocó el cubito de esponja con la planta en los vasos de plástico de una onza inmediatamente fueron encajados en los hoyos de los

contenedores, se debe tener en cuenta que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva (Rongaglio, 2015).

3.5.4. Manejo de la solución nutritiva

Para poder preparar la S.N (solución nutritiva) se usó la metodología de Rodríguez (2001).

Tabla 6. Fórmula de solución nutritiva para cultivo de lechuga.

Solución A	1000 litros
KNO ₃ 13,5 % N 46 % K ₂ O	550 g
Ca (NH ₂ PO ₄) ₂ , 46 % P ₂ O ₅ , 14 % Ca	200 g
Solución B	1000 litros
MgSO ₄ 16 % Mg, 13 %S	420 g
Fetrilon – combi 4 % Mn; 4 % Fe; 1,5 % Zn; 0,5 % B; 0,1 % Mo	13 g
C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₆ NaFe 6 % Fe	9 g
H ₃ BO ₃ 18 % B	3 g
Solución C	1000 litros
Ca (NO ₃) ₂ 15,5 % N, 26 % CaO	700 g

Fuente: Rodríguez *et al.* (2001).

Nutrición mineral en hidroponía

Para que la planta tome los nutrientes de forma rápida es importante que se encuentren en concentraciones. Cuando existe un buen manejo de nutrición mineral ocurre la absorción de nutrientes por la planta (Rodríguez, 2010).

Procedimiento

- Para preparar la solución nutritiva final, con anticipación se sacudió las soluciones concentradas A y para poder preparar 68,48 L de solución nutritiva, se agregó 342,4 ml de solución concentrada A y 136,9 ml de la solución concentrada B en 68,48 L de agua.
- Para el cálculo se tuvo en cuenta: 5 ml de solución concentrada A en 1 L de agua y 2 ml de solución concentrada B en 1L de agua (Rodríguez, 2001).
- De esta manera la solución concentrada A de 342,2 ml y la solución concentrada B de 136,9 ml, se distribuyó con una jarra a cada uno de los contenedores, teniendo en cuenta que los 12 contenedores tuvieron la misma cantidad de agua.
- Para la preparación de la solución C, se diluyó 47,93 g de Ca (NO₃)₂ en 68,48 L de agua, se añadió a cada contenedor.
- Después de añadir la solución concentrada A, B y solución C, para asegurar la homogeneidad de la solución se usó una cuchara de palo.

- Por último, las soluciones A, B y C se prepararon para 821,76 L de agua.

3.5.5. Activación de microorganismos eficientes

El EM-1 concentrado, es un producto que se comercializa libremente y se adquirió en una tienda comercial, el mismo que según la Guía de la Tecnología de EM (2009), se encuentra en estado inactivo para preservar a largo plazo, antes de utilizarlo es necesario activar, de esta manera podemos obtener un “producto secundario” de EM-1. (EM-1 Activado = EMA). El cual nos indica la existencia de una mayor población de microorganismos benéficos, este procedimiento minimiza el costo.

1 L de EM-1 rinde 20 L de EM-1 Activado

De acuerdo al Manual práctico de uso de EM (2009), necesariamente se debe contar con un recipiente de plástico (bidón, tanque) con tapa que pueda cerrar herméticamente para que la activación se lleve a cabo de forma favorable:

Las concentraciones a usar son las siguientes:

- 5 % de EM-1
- 5 % de melaza
- 90 % de agua sin cloro.

Preparación de microorganismos eficientes EM-1

- Se dejó cerrado en un balde de 20 L herméticamente cerrado.
- Se dejó para que fermente durante una semana a una temperatura de 25 °C.
- A los cinco días se abrió la tapa con la finalidad de que escapen los gases que se produjeron a partir del fermento.
- Después de siete días se presenció el olor agri dulce.
- El pH medido fue de 3,2 esto indicaría que el proceso de activación está completa.
- El EM-1 Activado ya estuvo listo para utilizar en diferentes aplicaciones, se conservó en un lugar fresco y oscuro, Higa T (2013), recomienda que se debe utilizarse antes de los 60 días de activado en caso no se utilizara en ese tiempo adecuado, definitivamente pierde su efectividad.

3.5.6. Aplicación de microorganismos eficaces (EM -1)

Se obtuvo 68,48 L de solución nutritiva por cada módulo hidropónico, que el total de los contenedores llegan a 12 unidades. La aplicación de microorganismos eficaces (EM-1) activados se realizó en el trasplante definitivo de cada uno de los tratamientos (sistema raíz flotante), teniendo diferentes dosis y una vez por

semana, la aplicación para producción de hojas de lechugas, fue la dosis de EM-1 en la solución nutritiva (tanque de bomba) (Chávez, 2013).

La aplicación de EM-1 se realizó en tres tratamientos y un testigo (porcentajes 0,0086 %, 0,0171 %, 0,0342 %, 0,0 %), la frecuencia de la aplicación de EM-1 fue desde el primer día del trasplante al contenedor (raíz flotante) hasta que las plantas de lechuga tengan un tamaño comercial.

Oxigenación

Se desarrolló de forma manual, 3 veces de manera diaria (mañana, medio día, tarde) durante 20 minutos aproximadamente.

3.5.7. Registro de conductividad eléctrica, pH

Se monitoreó semanalmente la conductividad eléctrica y el pH de la solución nutritiva utilizando unos equipos de pH-metro, conductímetro.

Para observar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva se tuvo en cuenta que el rango aceptable debe estar entre 1,8 - 2,2 ms/cm.

Para observar el pH de la solución nutritiva se tuvo en cuenta que el rango aceptable debe estar entre 5,0 y 6,5.

3.5.8. Control de plagas y enfermedades

El control y la revisión de la posible infestación de alguna plaga en las plantas de lechuga se realizaron de manera diaria. Frente a la presencia principalmente de los pulgones, se procedió a su control de forma manual y aplicación de bioinsecticida casero (Callisaya, 2017).

3.5.9. Recolección de datos

Para la recopilación de datos como la altura, área foliar de las hojas, longitud de la raíz de lechuga, se utilizó una regla de 30 cm, mientras para determinar el peso fresco se empleó una balanza digital; para evaluar el pH, CE se realizó con los equipos (pH-metro marca PHeb y conductímetro marca TDS&EC meter “hold”) respectivamente.

Para determinar el rendimiento kg/m^2 de la lechuga se procedió a pesar 20 plantas y se multiplicó por el área del contenedor.

3.5.10. Cosecha

La cosecha se realizó cuando las muestras en estudio alcanzaron la madurez comercial, es decir, cuando alcanzaron las características requeridas por el mercado.

Posterior a la cosecha, inmediatamente se evaluó 60 lechugas por cada tratamiento; los indicadores evaluados fueron: peso fresco de la lechuga (cm),

altura de la planta (cm^2), área foliar (cm^2), número de hojas/plantas, longitud de raíces (cm) y para rendimiento (Kg/m^2), se pesó la totalidad de las lechugas de cada tratamiento, de acuerdo a la metodología utilizado por Prado (2018).

- **Peso fresco de la lechuga**

Se pesaron las 60 lechugas por cada tratamiento posteriormente se calcularon la media aritmética, y la unidad de medida fue en gramos.

- **Altura de la planta (cm)**

Con la ayuda del flexómetro se procedieron a medir altura de las 60 lechugas por cada tratamiento, la altura se consideró desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada de la planta. Posterior a ello se determinó la media aritmética.

- **Número de hojas por plantas**

Se contó el número de hojas de 60 lechugas por cada tratamiento y luego se calculó la media aritmética.

- **Área foliar (cm^2)**

Para determinar el área foliar se midió el largo y el ancho de las hojas, de 60 lechugas por cada tratamiento y luego se calculó el promedio. Con este valor promedio se aplicó la fórmula matemática para calcular el área del rectángulo $A = b \times h$

- **Longitud de la raíz (cm)**

Con una regla de 30 cm se midió las raíces de las 60 lechugas por cada tratamiento, la longitud de la raíz se consideró desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada y luego se procedió a calcular del promedio.

- **Rendimientos (Kg/m^2)**

Para determinar el rendimiento kg/m^2 de la lechuga se procedió a pesar 20 lechugas por m^2 y luego se multiplicó por el área del contenedor, seguidamente se determinó el promedio.

Para el rendimiento se evaluó 20 lechugas por el área del contenedor y expresarlo en kg/m^2 .

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron en Microsoft Excel organizándolo en tablas y gráficos, posteriormente se empleó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$) para contrastar los resultados, mediante el Software Infostat versión 2021I.

IV. RESULTADOS

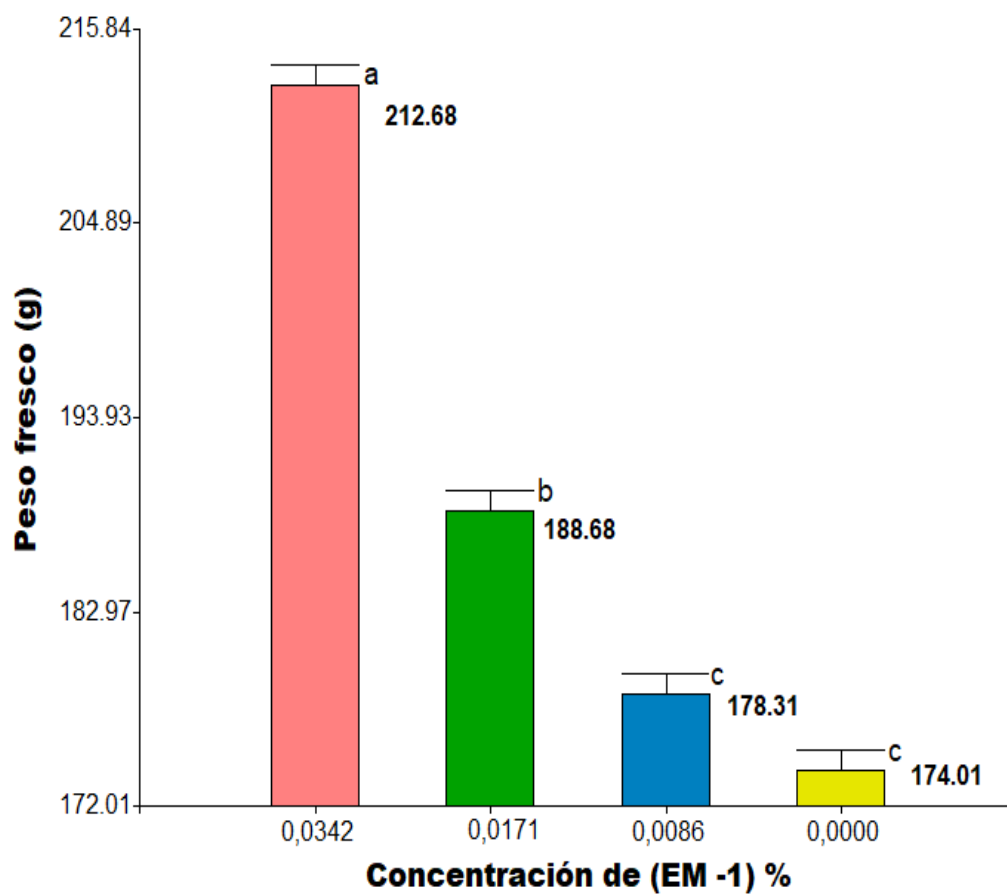


Figura 1. Promedio del peso fresco (g) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

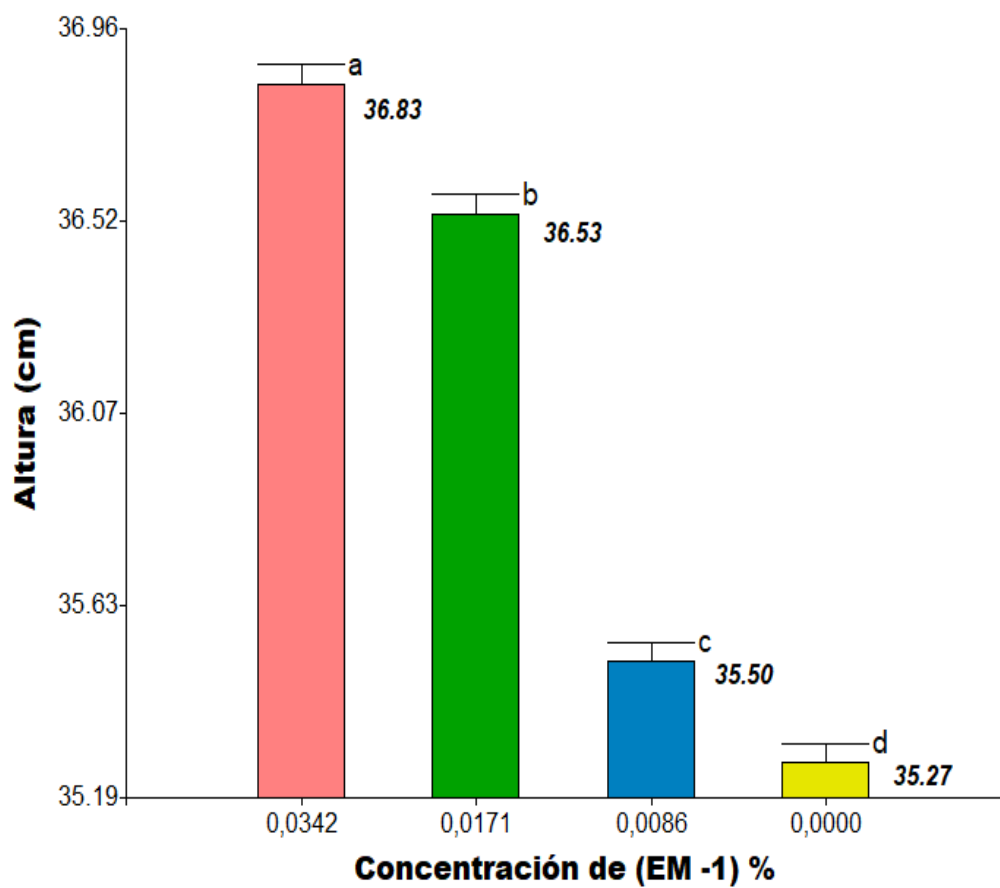


Figura 2. Promedio de la altura (cm) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

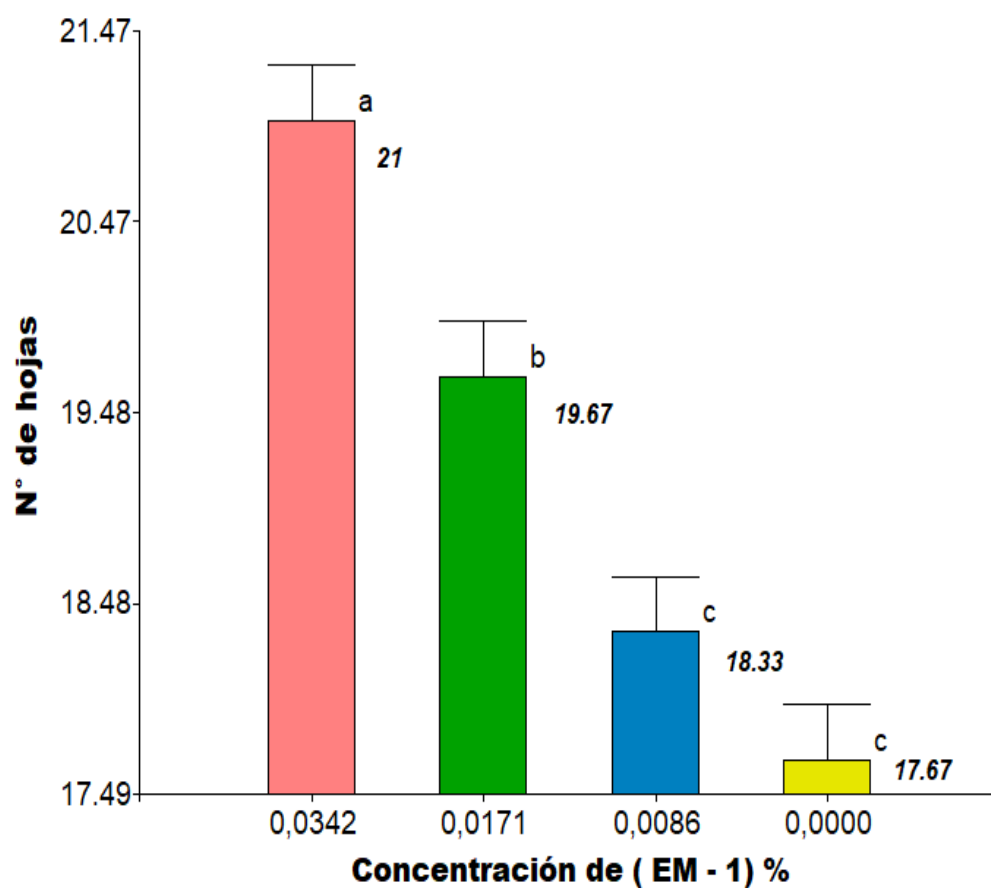


Figura 3. Promedio de número de hojas de *Lactuca sativa* L. "lechuga" var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

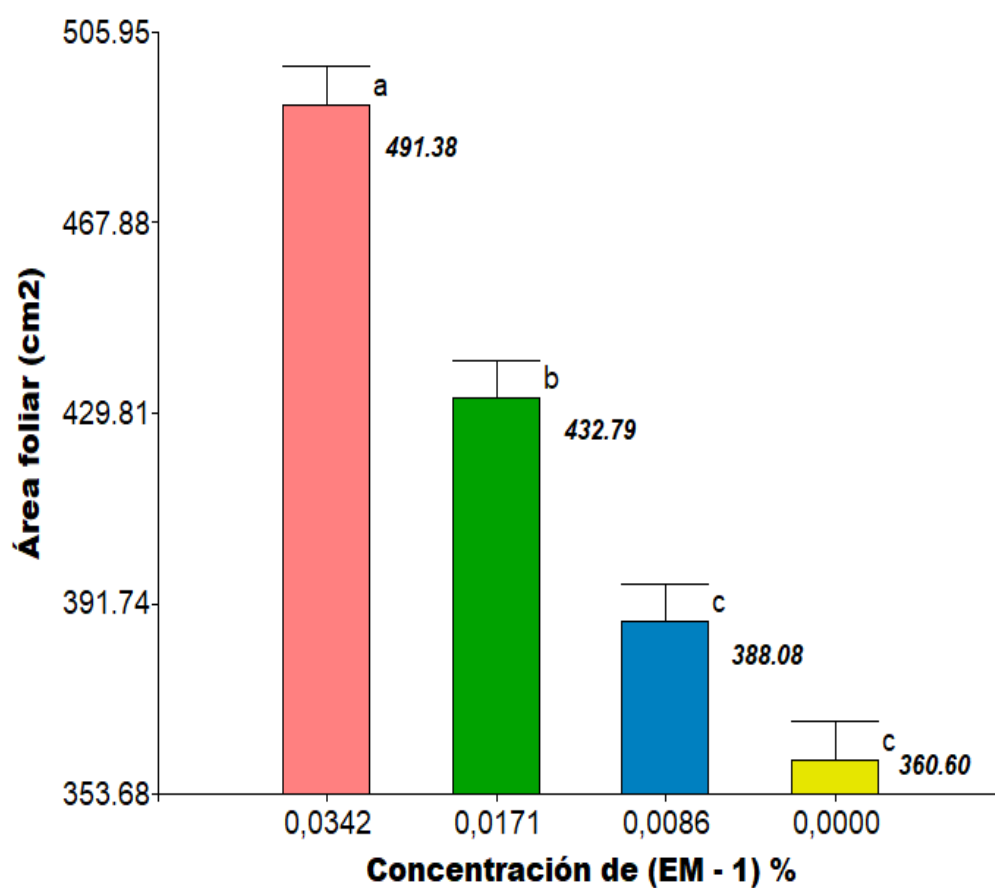


Figura 4. Promedio de área foliar de las hojas (cm²) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

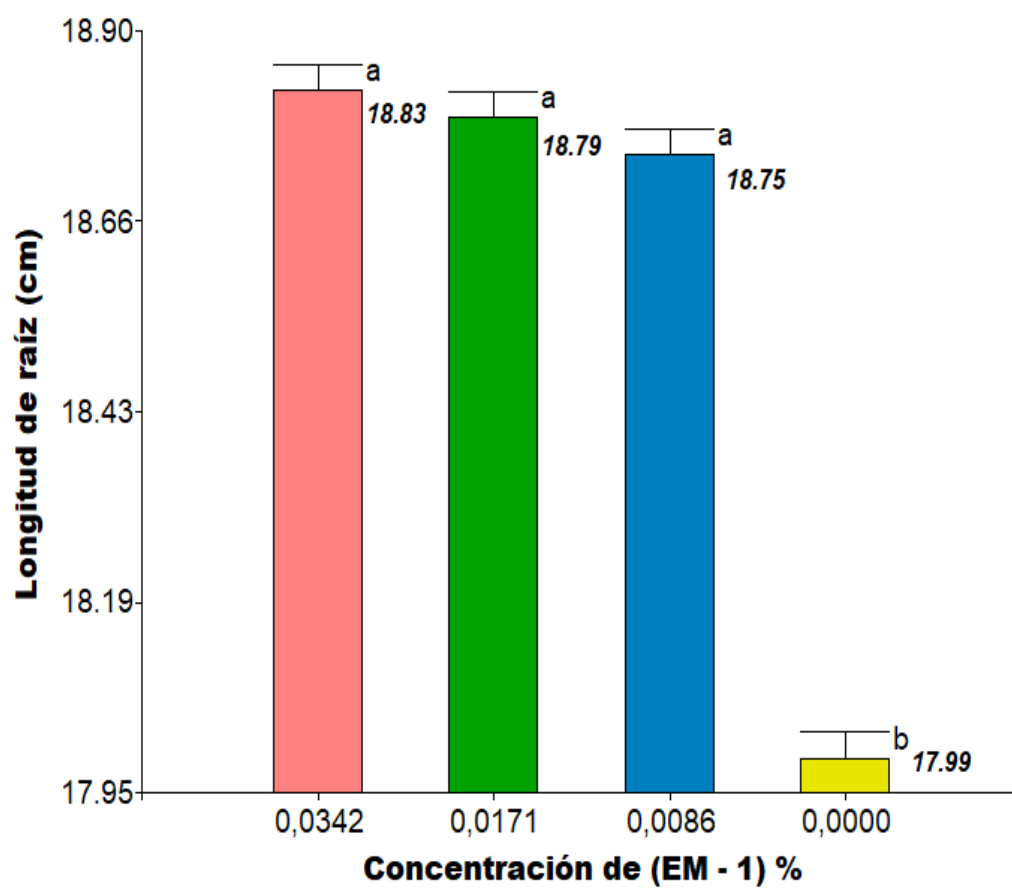


Figura 5. Promedio de la longitud de raíz (cm) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

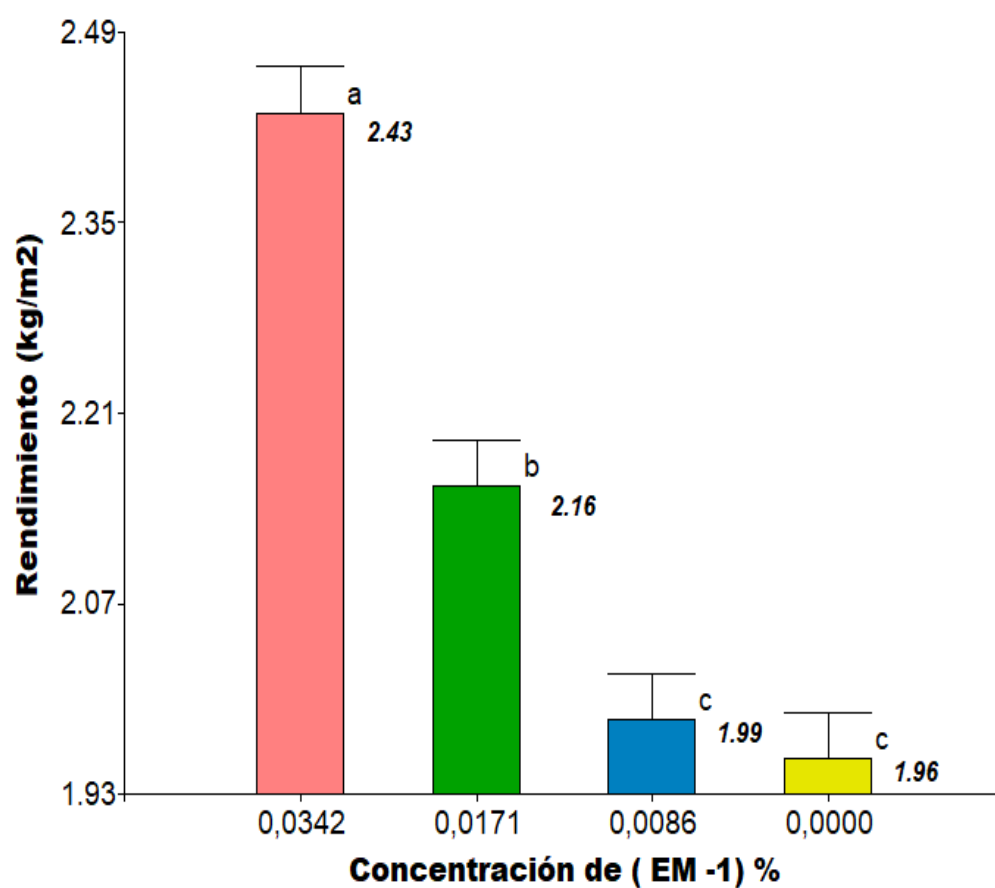


Figura 6. Promedio de rendimiento (kg/m^2) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

V. DISCUSIÓN

La tesis desarrollada ha permitido evidenciar el efecto de los EM que se caracterizan por tener una mezcla de microorganismos beneficiosos que aumentan el crecimiento y potencian la actividad biológica de las plantas así mismo incrementa la capacidad fotosintética y son responsables de la separación de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N₂ atmosférico transformándolos en formas comparables para las plantas. Según Tanya et al. (2019), el uso de la tecnología EM-1 mejora la calidad de los cultivos, el crecimiento y rendimiento.

En la figura 1. Se muestran los promedios de los pesos frescos (g) de *Lactuca sativa* L. “lechuga” Var. Crespa sometidos a tres concentraciones de EM -1. Los datos fueron tomados luego de la cosecha, resaltando que en el tratamiento 3 que corresponde a la concentración 0,0342 % de EM -1, se registró el mayor peso fresco (212,68 g). En cambio, en el tratamiento 1 con la menor concentración de EM-1 (0,0086 % de EM -1), el peso fresco promedio fue de 178,31 g. En el tratamiento testigo (0,0000 % de EM -1) las lechugas mostraron menor peso fresco (174,01 g).

El análisis estadístico mediante la prueba ANVA al 95 % de confianza demuestra diferencia significativa en las tres concentraciones de EM-1 empleadas con p-valor = 0,0001.

La prueba Tukey confirma que el tratamiento 3 es el que mejor efecto que tiene frente a los demás tratamientos.

Stephen (2002), menciona que el aumento del peso fresco se debe a que las plantas están expuestas a condiciones óptimas de luz, por lo tanto, la planta tiende a realizar mayor fotosíntesis y consecuentemente se incrementa la biomasa, las hojas principalmente.

Higa (2013), Sostiene que los EM influyeron en el incremento de peso, debido a la absorción de exudados de la planta y longitudes de onda (700 – 1200 nm) por parte de las bacterias fototróficas, hacen mejoras en la productividad. Por su parte Nieblas (2007), en su investigación estudió el efecto de distintas dosis de FitoMas E y microorganismos eficientes en cultivo de lechuga, en la cual evidenció que en el tratamiento T5, es decir, a una concentración de $0,11 \text{ mL.m}^{-2}$ obtuvo mejor peso de las lechugas con un promedio de 97 g, excediendo estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T4 (microorganismos eficientes $0,09 \text{ mL.m}^{-2}$), T6 (FitoMas E $0,07 \text{ mL.m}^{-2}$) + microorganismos eficientes ($0,09 \text{ mL.m}^{-2}$), T3 (FitoMas E $0,09 \text{ mL.m}^{-2}$), T2 (FitoMas E $0,07 \text{ mL.m}^{-2}$), T1 el (testigo), quienes reportaron promedios de 87 g; 84 g; 72 g; 68 g y 56 g de peso de la planta respectivamente. En el peso de la lechuga destacó como mejor resultado, la dosis de $0,11 \text{ mL.m}^{-2}$ microorganismo eficientes, a estas concentraciones reportaron mejores resultados productivos y económicos.

En la figura 2, se observa los valores promedio de las alturas de lechugas en estudio tratadas a tres concentraciones de microorganismos eficientes y un control, donde, a una concentración 0,0342 % de EM (T3) se obtuvo mayor altura con un promedio 36,83 cm. Superando estadísticamente al promedio de las plantas tratadas con las demás concentraciones. Mientras tanto en el testigo (0,00 % EM -1), las plantas mostraron menor altura, con una media de 35,27 cm. Asimismo, en el tratamiento 3, se observó el desarrollo de raíces con una mayor longitud.

En la prueba estadística análisis de varianza (ANVA) a 95 % de confianza, para altura (cm) resultaron ser significativo con P- valor = 0,0001.

En esta investigación, presenta mayor altura las plantas de lechuga debido a que al aumentar las dosis de EM se aumenta la cantidad aplicada de nutrientes. Los EM aumentan la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. Callisaya *et al.* (2017), manifiesta que los EM incrementan, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas. Las hormonas potencian la activación para la división como el alargamiento celular, dirigen y aceleran el flujo de nutrientes. Según Rodríguez (2017), manifiesta que en la evaluación de las cuatro dosis de EM donde se aplicó la materia orgánica (pollaza) en la siembra de lechuga Var. “Grand Rapids Waldeman” S Strain” bajo condiciones agroecológicas. Reporta

que en el tratamiento T4 (4,00 l/ha de EM), T3 (3,00 l/ha de EM) y T2 (2,00 l/ha de EM) se observaron mayores promedios estadísticamente iguales entre si con 34,5 cm; 33,6 cm y 32,5 cm de altura de planta respectivamente. Se observaron que los tratamientos con pollaza + microorganismos eficientes vencieron al tratamiento T0.

En la figura 3, se observa que el promedio de número de hojas de la lechuga. En el T3 (0,0342 % de EM -1) en promedio con 21 hojas, demostrando diferencia significativa con los demás de los tratamientos. En cambio, en el T1 y en el testigo T4, las plantas de lechuga resultaron en promedio 18,33 hojas. Por lo tanto, evidencia que el número de hojas es predominado por las diferentes concentraciones de EM-1 aplicadas en el experimento.

En la prueba estadística Análisis de varianza (ANVA) a 95 % de confianza, para número de hojas resultaron ser significativo con P- valor = 0,0002.

Nieblas (2007), reporta que en el tratamiento T5 (microorganismos eficientes 0,11 mL.m⁻²) obtuvieron el promedio más alto con 14,13 hojas por planta, excediendo estadísticamente al promedio del tratamiento T4 y T6 sin diferencia significativa entre ellos, seguidamente del T2 y T1 (testigo) donde lograron promedios bajos con diferencia significativa con los demás tratamientos de 10,86 hojas, 10,71 hojas por planta respectivamente.

En la figura 4, se observa que el promedio del área foliar de hojas de lechuga hidropónico. En el T3 (0.0342 % de microorganismos eficientes) el promedio de área foliar de hojas estuvo constituido de 491,38 cm², se demuestra que es significativamente mayor al resto de los tratamientos (T1, T2, T4); mientras que en el tratamiento testigo T4 (0,00 % microorganismos eficientes) se observó el menor promedio de área foliar de hojas, con 360,60 cm².

En la prueba estadística Análisis de varianza (ANVA) a 95 % de confianza, para área foliar (cm²) resultaron ser significativo con P- valor = 0,0001.

Alarcón *et al.* (2020), manifestaron que la fertilización con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate. La prueba Tukey al 5 % para los tratamientos de la misma variable, indicaron que el T5 (25 cc /14 d) alcanzó la mayor área foliar por planta, con 21,33 cm², la cual es significativamente mayor al resto de los tratamientos y al testigo. Sin embargo, cuando aplicaron la fertilización con ME influyeron fuertemente en el crecimiento, calidad e incrementos en el área foliar del tomate. El biofertilizante es una alternativa en cultivos como tomate, así incrementar la

producción. Cabrera *et al.* (2016), Manifiesta que se debe tener en cuenta que el área foliar puede cambiar a lo largo del ciclo del cultivo, las plantas con mayor área foliar son más eficientes a la hora de aplicar los biofertilizantes y una aplicación de dosis conveniente de biofertilizantes reducen los costos de producción. Arolab (2007), señala que a concentraciones adecuadas de microorganismos eficientes aumentan los efectos beneficiosos sobre las plantas. El desarrollo foliar es uno de estos factores que se ha beneficiado y además aumenta la fotosíntesis, la germinación de las semillas, el crecimiento y desarrollo de las plantas por la acción hormonal parecida al ácido giberélico, y así mismo desgastan los exudados de las raíces, tallos, hojas y frutos lo cual favorece a la limpieza en la superficie de las plantas lo cual no permite el desarrollo de microorganismos patógenos.

Nieblas (2007), reporta que en el tratamiento T5 (EM 0,11 mL.m⁻²) obtuvieron el promedio más alto con 12,94 cm en cuanto al ancho de las hojas, con diferencia significativa con el resto de los tratamientos (T4, T6, T2, T1). Los tratamientos con promedios bajos fueron T1 y T2 con diferencia significativa con el resto de los tratamientos.

Por otra parte, se manifiesta que en el tratamiento T5 alcanzó el promedio más alto con 3,06 cm del largo de hojas de lechuga en el organopónico; la cual es significativamente mayor al resto de los tratamientos. Mientras tanto que en el tratamiento testigo se registró el menor promedio de largo de hoja con 23,82 cm. En la figura 5, se observó que el promedio del tamaño de raíz de lechuga. En los tratamientos T3, T2, T1, no existe diferencia significativa entre el tamaño promedio de raíces, donde produjeron raíces con tamaños promedios de 18,83 cm, 18,79 cm, 18,75 cm respectivamente. En el tratamiento T4 testigo (0,00 % EM -1) las plantas desarrollaron una baja longitud de raíces, con un promedio de 17,99 cm; como es significativamente menor a los demás tratamientos. En la prueba estadística Análisis de varianza (ANVA) a 95 % de confianza, para longitud de raíz (cm) resultaron ser significativo con P - valor = 0,0001.

Sin embargo, el tamaño de raíz de lechuga en esta investigación fue superior a los obtenidos por Nieblas (2007), esto puede deberse a que se investigó en una variedad distinta (Black Seeded Simpson BSS-13) de lechuga. Nieblas (2007), observó en el tratamiento T5 los mejores resultados con la aplicación de los EM a una dosis de 0,11 mL.m⁻² donde alcanzó el promedio mayor con 8,21 cm del tamaño de raíz de lechuga; la cual es significativamente mayor a los demás

tratamientos. En el T1 testigo se registró el menor promedio de largo de hoja con 6,83 cm.

Cid Simois (2013), manifiesta en su trabajo de investigación sobre los avances de la Tecnología EMTM en Brasil en cultivo hidropónico. Donde un 1 L de (EM- 1) activado fue disuelto directamente en los tanques de bombeo una vez por semana a lo largo de todo el ciclo productivo del cultivo de lechuga americana. La dosis más eficiente se demostró con un 1 L de (EM -1) activado por 2000 L de S.N (solución nutritiva), se observó aumento de 50 % en el crecimiento de las raíces se manifestaron completamente sanas y blancas.

En la figura 6, se observó el rendimiento por planta donde fue expresado en kg/m², a la que se trataron con distintas concentraciones de microorganismos eficientes. Se puede ver que el T3 (0,0342 % de EM -1) produjo mayor rendimiento con un promedio de 2,43 kg/m² la cual es significativamente mayor a los rendimientos conseguidos por los demás tratamientos T1 (0,0086 % de EM -1), T2 (0,0171 % de EM -1), y testigo (0,00 % de EM -1), en los cuales se produjeron rendimientos de 1,99 kg/m², 2,16 kg/m² y 1,96 kg/m² respectivamente. Se evidencia que la dosis de microorganismos eficientes de T3 (0,0342 % de EM -1) fue la que mostró mayor rendimiento lo cual parece indicar que la acción promotora de las bacterias en el sustrato favoreció el crecimiento foliar.

En la prueba estadística Análisis de varianza (ANVA) a 95 % de confianza, para rendimiento (kg/m²) resultaron ser significativo con P- valor = 0,0001.

Los rendimientos alcanzados en esta investigación fueron inferiores a los informados por Nieblas (2007), menciona que la aplicación de microorganismos eficientes de 0,11 y 0,09 mL.m⁻², mostraron mayor rendimiento con 5,82 kg/m², 5,21 kg/m² respectivamente, superan estadísticamente a los promedios obtenidos por demás tratamientos. En el T1 (testigo), presenta bajo rendimiento con 3,36 kg/m² con una diferencia significativa con los demás tratamientos. Según Nieblas menciona que los resultados obtenidos demuestran que las plantas inoculadas con microorganismos eficientes incrementan su crecimiento y así mismo presentan mayor capacidad para poder absorber el agua y los nutrientes del suelo por medio del sistema radical, se evidencia en el estado nutricional de las plantas, por ello los rendimientos son superiores. Rodríguez (2017); señala que, en el cultivo de lechuga, tratados con la mayor dosis T4 (4,00 l.ha⁻¹ de EM) de EM con aplicación materia orgánica (pollaza) fue mayor al

resto de los tratamientos, donde se observó un rendimiento de 116 612,5 kg.ha⁻¹. La dosis de EM se aumenta, el rendimiento fue aumentándose poco a poco. Según Peñafiel *et al.* (2004). El uso de microorganismos eficientes en diferentes dosis empleados para cultivos de ciclo corto que no produce un efecto significativo en sus rendimientos.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración de microorganismos eficaces 0,0342 % de EM -1, muestra el mejor efecto en la producción de cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa.
2. Se determinó que en la concentración 0,0086 % de EM -1, mostró menor peso fresco con promedio de 178,31 g, menor altura con 35,50 cm, menor número de hojas de lechuga con 18,33 hojas, menor área foliar de las hojas con 388,08 cm² y menor promedio de la longitud de raíz con 17,99 cm.
3. Se determinó que en la concentración 0,0171 % de EM -1, se registró el peso fresco con promedio de 188,68 g, altura con 36,53 cm, número de hojas de lechuga con 19,67 hojas, área foliar de las hojas con 432,79 (cm²) y promedio de la longitud de raíz con 18,79 cm.
4. Se determinó que en la concentración 0,0342 % de EM -1, presentó mayor peso fresco con 212,68 g, mayor altura con 36,83 cm, mayor número de hojas de lechuga con 21 hojas, mayor promedio de área foliar de las hojas con 491,38 cm² y también registro mayor longitud de raíz con 18,83 cm.
5. Se determinó que en la concentración 0,0342 % de EM -1, mostraron altos rendimiento de 2,43 kg/m², las lechugas tratadas con el testigo (0,00 % con microorganismos eficientes (EM -1) tuvo un rendimiento más bajo con 1,96 kg/m².

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas, se sugiere:

1. A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, incentivar las investigaciones con las demás variedades de lechuga que se adaptan en distintas estaciones del año y tener en cuenta que las variedades sean para fines comerciales.
2. A la Dirección Regional Agraria, promover y evaluar en otras investigaciones el estudio comparativo de cultivos hidropónicos con cultivos convencionales sobre el rendimiento del cultivo de lechuga utilizando el Microorganismo eficientes (EM -1).
3. A los egresados o estudiantes del último ciclo de las escuelas de biología y agronomía realizar investigaciones aplicando el microorganismo eficiente (EM -1) en diferentes cultivos hidropónicos, para observar el efecto del crecimiento y calidad del cultivo

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. 5ta edición. J. Cienc, 42-45. Disponible en: <https://jci.uniautonomia.edu.co/2010/2010-7.pdf>
2. Alarcón, C y Recharte, R. (2020). Fertilizar con Microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). [Scientia Agropecuaria]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo,11(1):67 - 73. <https://www.readcube.com/articles/10.17268%2Fsci.agropecu.2020.01.08>
3. APROLAB. (2007). Producción de abono orgánico a partir de Microorganismos Eficaces EM-1. Convenio ALA/2004/016-895. Perú.
4. Boletín INIA / N° 09 (ISSN 0717 - 4829). Manual de producción de lechuga. Santiago: [acceso 24 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
5. Beltrano, J. & Giménez, D. (2019). Cultivo en hidroponía: Libros de catedra, Argentina: Universidad Nacional de la plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46752>
6. Biblioteca Técnica de Servicios y Almacigos S.A. La Serena Chile, el cultivo de lechuga.pdf [Internet], [citado 25 de enero de 2021]. <http://www.almacigos.cl/bt/el%20cultivo%20de%20la%20lechuga.pdf>
7. BID. (2009). Manual Práctico de Uso de EM,1-35. Disponible en: <https://www.emuruguay.org/images/Manual-Práctico-Uso-EM-OISCA-BID.pdf>
8. Carranza, C., Lanchero, O.& Miranda, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) "Batavia" cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. Rev. Agronomía Colombia [seriada en línea], 27 (1):41- 48. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n1/v10n1a1.pdf>
9. Cid, S. (2013). Informe sobre los avances de la Tecnología EM™ en Brasil en el campo de Hidroponía. Brasil: Consultado el día 12 de abril del 2021. Disponible en:<https://docplayer.es/21212491-Avances-de-la-tecnologia-em-en-brasil-hidroponia.html>
10. Carrasco, G. & Sandoval, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga.3^{ra} ed. Madrid: Ediciones Mundi – Prensa. Disponible en: https://www.todostuslibros.com/libros/manual-practico-del-cultivo-de-la-lechuga_978-84-8476-672-8
11. Catata, C. & Isaac, L. (2015). Comparativo de variedades de lechuga (*lactuca sativa* L.) y soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico, en el sistema NFT tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero. Arequipa. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/384>
12. Callisaya, QY. &Fernández, CC. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Municipio de Achocalla. Rev. Apthapi de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA, 3(3):652-666. Disponible en:<http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/161>
13. Chávez, A. (2013). Diseño e implementación de un sistema NFT doble nivel para la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa* Var. Campania) con tecnología EM™ en el Distrito De Chiguata, Arequipa. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Católica de Santa María. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/4464>

14. Cabrera, Y., Miranda, E. & Santana, Y. (2016). Efectividad y momentos de aplicación del biofertilizante EcoMicâ en la producción de *Solanum lycopersicum* L. var. Mamonal 21. *Revista Avances*, 17(1):76-84. Disponible en: <file:///C:/Users/wilyx/Downloads/152-1-1001-1-10-20160916.pdf>
15. Concentración química y conductividad.pdf [Internet], [citado 24 de abril de 2021]. <https://es.scribd.com/document/219257912/concentracion-quimica-y-conductividad-pdf>
16. INFOAGRO. (2012). El cultivo de la lechuga [acceso 29 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
17. EcuRed. (2021). Rendimiento agrícola [Internet], [citado 12 de junio de 2021]. https://www.ecured.cu/Rendimiento_agr%C3%ADcola#Componentes_por_cultivo
18. EM Producción y Tecnología S, A. (2006). Guía de la Tecnología EM, www.infoagro.go.cr/Inforegiones//Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf.
19. El cultivo hidropónico para lechugas y sus beneficios [Internet], [citado 01 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.mypot.eu/blog/cultivar-en-casa/el-cultivo-hidropnico-para-lechugas-y-sus-beneficios>.
20. 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. 3^{ra} ed. Santiago de Chile. Disponible en: <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Lombricultura%20y%20Abonos/LA%20HUERTA%20HIDROP%C3%93NICA%20POPULAR.pdf>
21. FAO: Glosario de riego. (2021). Rendimiento de los cultivos. [acceso: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.riego.org/glosario/rendimiento-de-los-cultivos-fao/>
22. Gilsanz, JC. (2007). Hidroponía (No. CIDAB-SB321-G5h). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ah501s/ah501s.pdf>
23. Higa, T y Parr, J. (2013). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. Centro Internacional de Investigación de Agricultura. Disponible en: <https://docplayer.es/9736836-Microorganismos-beneficos-y-efectivos-para-una-agricultura-y-medio-ambiente-sostenible.html>
24. INFOAGRO. (2011). Guía de la Tecnología de EM. Disponible en: www.infoagro.go.cr/Inforegiones//Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf.
25. INIFED (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa). (2010). Producción de Hortalizas en Recirculación de Nutrientes presentado en este documento está diseñado por Fundación Adopta una Escuela. Secretaría de Educación Pública. México.
26. Luna, FM y Mesa, RJ. (2016) Microorganismos Eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Rev. Agroecosistemas* [seriada en línea], 4 (2):31-40.
27. Longar, M., Pérez, M y Ríos, E. (2013). El estado de técnica de la hidroponía. *Rev. Mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5):803 – 809. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263127573012.pdf>
28. MINAG. (2021). Lineamientos metodológicos de la actividad estadística agrícola. Lima: [acceso: 23 de junio de 2021] Disponible en: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/ii_estad%C3%ADstica_agricola.pdf

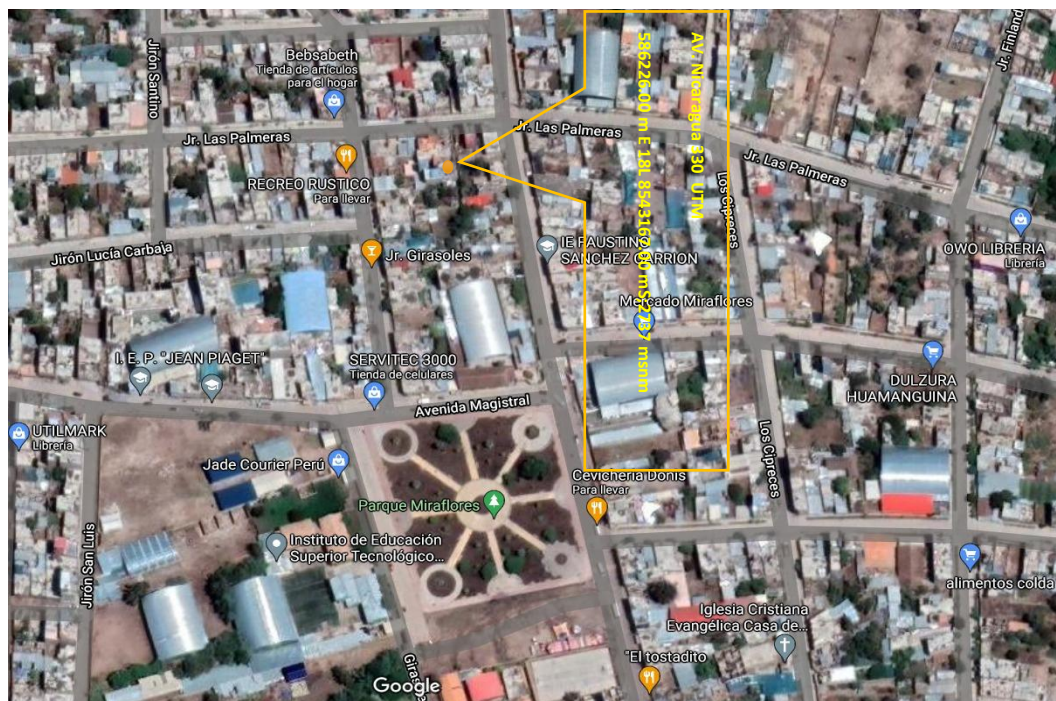
39. Marín, Y., Joseph, K., Tanta, J. & Ponce, M. (2019). Producción y comercialización de hortalizas con sistemas hidropónico en Lima. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9414/1/2019_Ponce-Gamarra.pdf
30. Montesdeoca, N. (2009). Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (*Lactuca sativa* variedad crispa). [tesis de pregrado]. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5182>
31. MAROTO, J. (1995). Horticultura. 4^{ta} ed. Madrid- España: Editorial Mundi-Prensa.
32. INFOAGRO. (2011). Manual del cultivo de lechuga. [acceso 24 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
33. Marín, D. (2002). Rendimiento y producción agrícola vegetal: un análisis del entorno mundial (1997-1999) y de Venezuela (1988 – 2001). Rev. Geography, 15, 49-73.
34. Marschner, H. (2011). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press; 668.
35. Nieblas, L. (2016). Evaluación del efecto de diferentes dosis de FitoMas E y microorganismos eficientes en *Lactuca sativa* L. (lechuga) en el Organopónico Villa Nueva, Municipio Holguín. [Tesis de pregrado]. Cuba: Universidad de Holguín. Disponible en: <https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/handle/uho/5676>
36. Navarro, S. (2019). Dosis y frecuencia de aplicación foliar de Microorganismos Eficaces (EM) y su efecto en el rendimiento de los frutos del “Ají Habanero” *Capsicum chinense* Jacq, en el sector de cieneguillo sur, Sullana – Piura [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Nacional de Piura. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1782/BIO-NAV-ROD-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Orellana, C. & León, E. (2011). Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (*capsicum annum*), bajo invernadero en la solución nutritiva La Molina (Bachelor's thesis). Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3026/1/tag297.pdf>
37. Prado, K. (2018). Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico en Ayacucho. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2849>
39. Pizarro, V., Jana, C., Ibacache, G., Contreras, C. & Leris, L. Módulos Hidropónicos Sistema Raíz Flotante (SRF): producción de lechugas y berros bajo invernadero. INÍA Intihuasi. Instituto Investigaciones Agropecuarias – Informativo N° 85 [acceso: 30 de marzo del 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41764.pdf>
40. Peñafiel, C. & Donoso, B. (2004). Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha - 435. [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2418/1/4762.pdf>

41. Pertierra, R. & Quispe, J. (2020). Análisis económico de lechuga hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. Rev. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida, 31(1):118 -130. Disponible en: https://www.academia.edu/42574052/AN%C3%81LISIS_ECON%C3%93MICO_DE_LECHUGAS_HIDROP%C3%93NICAS_BAJO_SISTEMA_RA%C3%8DZ_FLOTANTE_EN_CLIMA_SEMI%C3%81RIDO
42. Rodríguez, A. (2010). Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral: Curso internacional de Hidroponía. Universidad Agraria La Molina. Lima -Perú. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/antecedentes.htm>
43. Rojas, M. (2010). Evaluación del desarrollo de *Lactuca sativa* L. "lechuga" en un sistema hidropónico recirculante aplicando dos soluciones nutritivas en base a microorganismos benéficos (MOBS) en el Cantón Paute - Azuay [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18107>
44. Rodríguez, A. (2013). Efecto de tres dosis de microorganismos eficaces en sistema hidropónico para la extracción de aceite esencial de Menta piperita L. en Trujillo. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10446>
45. Rodríguez, A. & Chang, 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. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin26/RED-HIDROPONIA-BOLETIN-26.htm>
46. Rodríguez, D., Pérez, N. & Gonzales, J., Mazorra, C. (2013). Microorganismos autóctonos multipropósitos en sistemas productivos de la provincia ciego de ávila. estudio preliminar autochthonous multi-purpose microorganisms in productive systems of the ciego de ávila province. preliminary study. [Centro de Investigaciones en Bioalimentos (CIBA)]. Cuba: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, 7(2):182-194. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/universidad-ciencia/articulo/microorganismos-autoctonos-multipropositos-en-sistemas-productivos-de-la-provincia-ciego-de-avila-estudio-preliminar>
47. Rodríguez, D., Hoyos, M. & Chang, M. (2001). Soluciones nutritivas en hidroponía, formulación y preparación. Perú: Universidad Agraria La Molina, Centro de investigación de hidroponía e Investigación Mineral.
48. Ramírez, M. (2006). Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible, Bucaramanga. [Monografía]. Colombia: Universidad Industrial de Santander. file:///C:/Users/HP/Downloads/MICROORGANISMOS%20EFICIENTES%20TESJS%20(1).pdf
49. Rongaglio, M. (2015). Efecto de sistema hidropónicos con aplicaciones de EM, en el rendimiento de lechuga híbrida rosabella roja (*Lactuca sativa* L), en condiciones de la Unidad de Hidroponía - Huánuco en el año 2014. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1613>
50. Rodríguez, M. (2017). Evaluación de cuatro dosis de microorganismos benéficos con aplicación materia orgánica (pollaza) en el cultivo de *Lactuca sativa* L. "lechuga" Var. Grand Rapids Waldeman™ S Strain, bajo condiciones agroecológicas en Tarapoto. [Tesis de pregrado]. Perú:

- Universidad Nacional de San Martín -Tarapoto. Disponible en: AGRONOMIA - Mauro Orestes Rodríguez Montoya.pdf (unsm.edu.pe)
51. Stephen, R. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial Agruco - Catie, Turrialba. Costa Rica.
 52. Tanya, M. & Leiva, M. (2019). Microorganismos Eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. [Centro Agrícola Ecuador]. Ecuador: Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, 46(2),93 – 103. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
 53. Tablas de composición de alimentos (Moreiras et al., (2010). [Internet], SEÑ - Sociedad Española de Nutrición, [citado 11 de enero de 2021], Disponible en: <http://www.sennutricion.org/es/2013/05/14/tablas-de-composicin-dealimentos-moreiras-et-al>
 54. Villalobos, M & Fereres, E. (2017). Principios de agronomía para una agricultura sostenible: Fitotecnia. 3ª ed. Madrid - España: Editorial Mundi-Prensa.
 55. Ventajas de la hidroponía [Internet], [citado 14 de abril de 2021], Disponible en: <http://hidroponia.org.rnx/cultivo-hidroponico/ventajas-de-la-hidroponia>
 56. Vargas, R. (2018). Aplicación de Microorganismos eficientes EM en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L. “cacao” en condiciones de vivero en Ayacucho. [Tesis de pregrado]. Perú: Universidad Nacional De San Cristóbal de Huamanga. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2853>

ANEXOS

Anexo 1. Vista satelital del Vivero de la empresa HIDRO - MITED S.A.C, ubicado en Av. Nicaragua 330, del distrito de San Juan Bautista, provincia Huamanga, región, Ayacucho 2021.



Fuente: Google hearth

Anexo 2. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para peso fresco (g), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P- Valor
Modelo	2695,22	3	898,41	217,26	0,0001 *
Concentración	2695,22	3	898,41	217,26	<0,0001 *
Error	33,08	8	4,14		
Total	2728,31	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 3. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para altura (cm), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P- Valor
Modelo	5,29	3	1,76	281,96	<0,0001 *
Concentración	5,29	3	1,76	281,96	<0,0001 *
Error	0,05	8	0,01		
Total	5,34	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 4. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para número de hojas, de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P- Valor
Modelo	19,67	3	6,56	26,22	0,0002 *
Concentración	19,67	3	6,56	26,22	0,0002 *
Error	2,00	8	0,25		
Total	21,67	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 5. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para el área foliar (cm²), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P- Valor
Modelo	29382,17	3	9794,06	55,88	<0,0001 *
Concentración	29382,17	3	9794,06	55,88	<0,0001 *
Error	1402,20	8	175,27		
Total	30784,37	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 6. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para longitud de raíz (cm), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P- Valor
Modelo	1,44	3	0,48	154,16	<0,0001 *
Concentración	1,44	3	0,48	154,16	<00,001 *
Error	0,02	8	3,1E-03		
Total	1,46	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 7. Valores de Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento (kg/m²), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

F.V.	SC	gl	CM	F	P - Valor
Modelo	0,43	3	0,14	39,95	<0,0001 *
Concentración	0,43	3	0,14	39,95	<0,0001 *
Error	0,03	8	3,6E-03		
Total	0,46	11			

*: Significativo; **NS**: No Significativo

Anexo 8. Prueba de comparación de Tukey para peso fresco (g), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	212,68	3	1,17	a
0,0171	188,68	3	1,17	b
0,0086	178,31	3	1,17	c
0,0000	174,01	3	1,17	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 9. Prueba de comparación de Tukey para la altura (cm), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	36,83	3	0,05	a
0,0171	36,53	3	0,05	b
0,0086	35,50	3	0,05	c
0,0000	35,27	3	0,05	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 10. Prueba de comparación de Tukey para número de hojas, de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	21,00	3	0,29	a
0,0171	19,67	3	0,29	b
0,0086	18,33	3	0,29	c
0,0000	17,67	3	0,29	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 11. Prueba de comparación de Tukey para el área foliar (cm²), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	491,38	3	7,64	a
0,0171	432,79	3	7,64	b
0,0086	388,08	3	7,64	c
0,0000	360,60	3	7,64	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p >0,05)

Anexo 12. Prueba de comparación de Tukey para longitud de raíz (cm), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	18,83	3	0,03	a
0,0171	18,79	3	0,03	a
0,0086	18,75	3	0,03	a
0,0000	17,99	3	0,03	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p >0,05)

Anexo 13. Prueba de comparación de Tukey para rendimiento (kg/m²), de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa sometidas a tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho 2021.

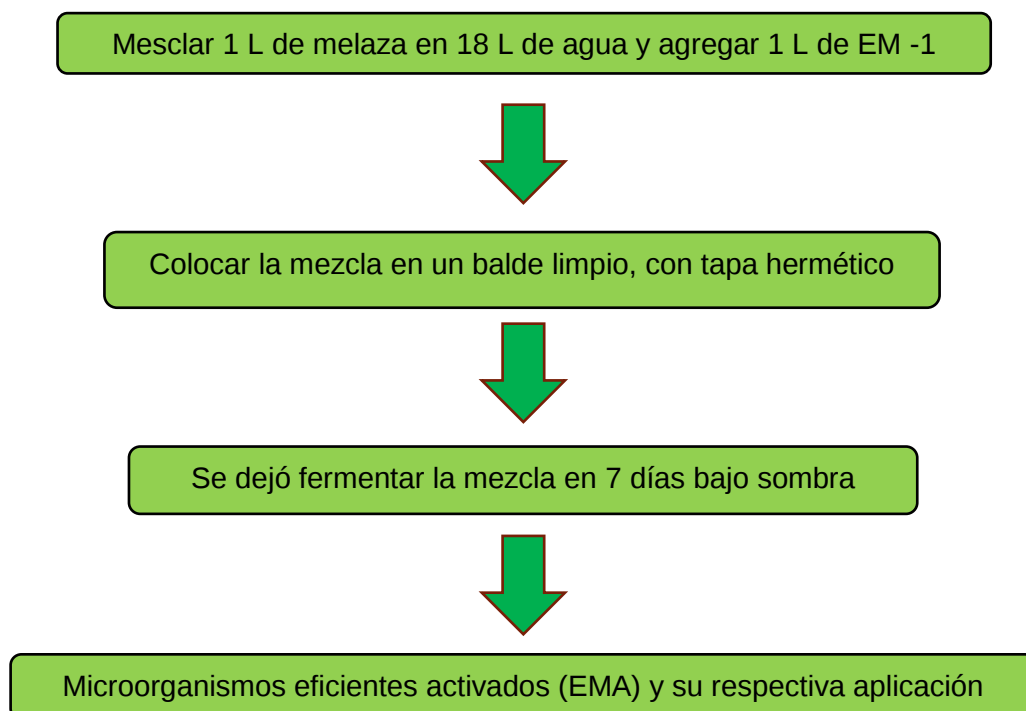
CONCENTRACIONES	MEDIAS	N	E.E.	
0,0342	2,43	3	0,03	a
0,0171	2,16	3	0,03	b
0,0086	1,99	3	0,03	c
0,0000	1,96	3	0,03	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p >0,05)

Anexo 14. Datos registrados correspondientes a la medición semanal del pH de la solución hidropónica y conductibilidad eléctrica (ms/cm) en sistema raíz flotante, Ayacucho, 2021.

Tratamientos	Repeticiones	Medición	Semana																	
			1° Trasplante		2° semana		3° semana		4° semana		5° semana		6° semana		7° semana		8° semana		9° semana	
T1	t1	pH; C.E (ms/cm)	5,9	1,9	6,4	2,2	6,4	1,8	6,3	2,1	6,1	1,8	6,5	2,2	5,1	2,1	6,5	2,2	6,1	1,9
	t1	pH; C.E (ms/cm)	5,8	1,8	6,2	2,1	6,5	1,8	5,8	2,1	6,5	1,9	6,4	2,1	5,5	2,3	6,4	2,2	6,0	1,8
	t1	pH; C.E (ms/cm)	5,5	1,9	6,0	2,0	6,0	1,9	5,5	2,1	5,5	1,8	6,5	2,2	6,4	2,2	6,5	2,1	5,9	1,8
T2	t2	pH; C.E (ms/cm)	6,5	2,0	6,5	2,2	6,4	1,9	6,3	2,2	5,8	2,2	6,5	1,9	5,9	2,2	6,2	1,8	5,9	1,9
	t2	pH; C.E (ms/cm)	6,0	1,9	5,0	2,3	6,5	1,8	6,0	2,1	5,3	2,0	6,1	1,9	6,2	2,3	5,8	1,8	6,1	1,7
	t2	pH; C.E (ms/cm)	6,3	2,1	6,3	2,1	6,5	1,7	5,8	2,0	4,9	1,9	6,3	1,8	6,0	2,2	5,5	1,9	6,0	1,8
T3	t3	pH; C.E (ms/cm)	6,0	1,9	5,2	1,8	6,4	2,2	4,2	1,9	4,6	1,8	5,8	1,7	6,3	1,8	5,9	1,9	6,5	2,0
	t3	pH; C.E (ms/cm)	6,1	1,7	4,9	1,8	6,3	2,1	6,1	1,9	6,0	1,8	6,2	1,8	5,8	1,8	6,1	2,0	6,4	1,9
	t3	pH; C.E (ms/cm)	6,3	1,9	5,0	1,9	5,8	2,2	6,0	1,8	6,1	1,9	6,1	1,9	5,5	1,9	6,0	2,1	6,5	1,8
T4 testigo	t4	pH; C.E (ms/cm)	6,4	1,9	6,4	2,3	5,5	1,7	5,9	1,7	6,4	2,1	5,9	2,1	6,4	2,1	6,1	2,1	5,5	2,2
	t4	pH; C.E (ms/cm)	5,8	1,8	6,2	2,1	5,3	1,9	6,1	1,8	6,2	2,2	6,1	2,2	6,5	2,2	6,0	2,0	5,3	2,3
	t4	pH; C.E (ms/cm)	6,0	1,8	6,0	1,9	4,8	1,8	6,0	1,8	6,5	2,1	6,0	2,1	6,5	2,1	5,9	2,0	6,3	2,1

Anexo 15. Flujograma de activación de EM comercial (EM-1)



Anexo 16. Panel fotográfico de la secuencialidad del trabajo de investigación en el vivero de la empresa HIDRO_MITED S.A.C ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista, Ayacucho 2021.



Figura 1. Instalación de contenedores de madera para el sistema hidropónica raíz flotante.



Figura 2. Fijar el plástico en los contenedores de madera para el sistema hidropónico raíz flotante.



Figura 3. Área de almácigo de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa.



Figura 4. *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa en crecimiento un mes después del almácigo.



Figura 5. Solución concentrada La Molina y contenedores listos para el trasplante.



Figura 6. Plántulas de *Lactuca sativa* L. "lechuga" var. Crespa listas para ser trasplantados a los contenedores



Figura 7. Trasplante al sistema hidropónico de raíz flotante.



Figura 8. *Lactuca sativa* L. “lechuga” de var. Crespa a los 8 días del trasplante.

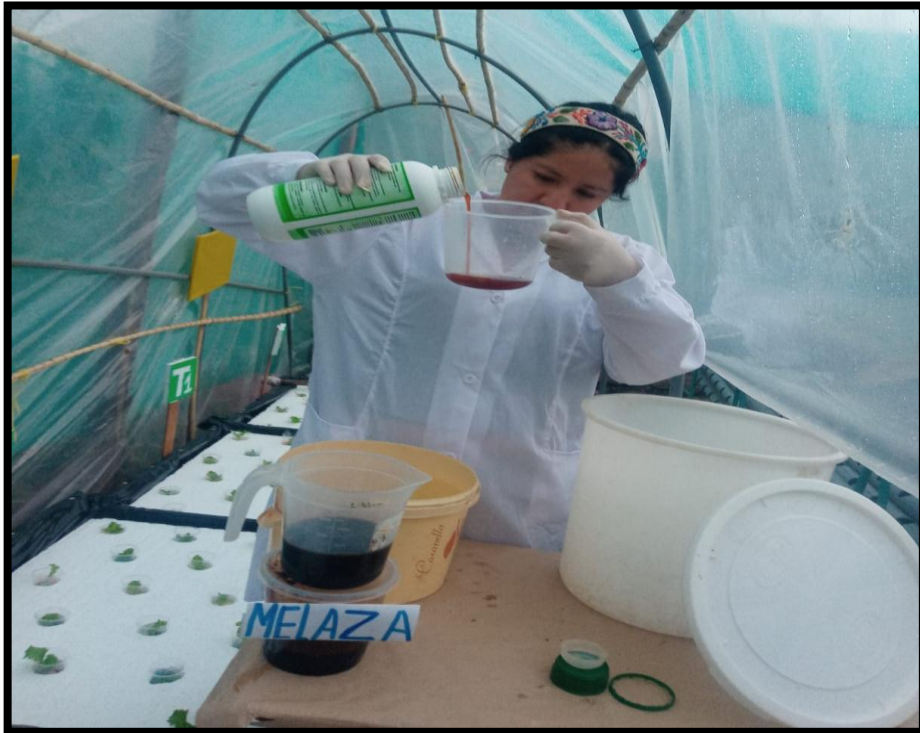


Figura 9. Aplicación de los microorganismos eficientes (EM -1) para la activación.



Figura 10. Dilución de la melaza para la activación del (EM -1)



Figura 11. *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa en crecimiento.



Figura 12. Oxigenación manual de *Lactuca sativa* L. “lechuga” var. Crespa - desarrollo radicular.



Figura 13. Medición de pH y conductividad eléctrica



Figura 14. Control de plagas con bioinsecticidas caseros.

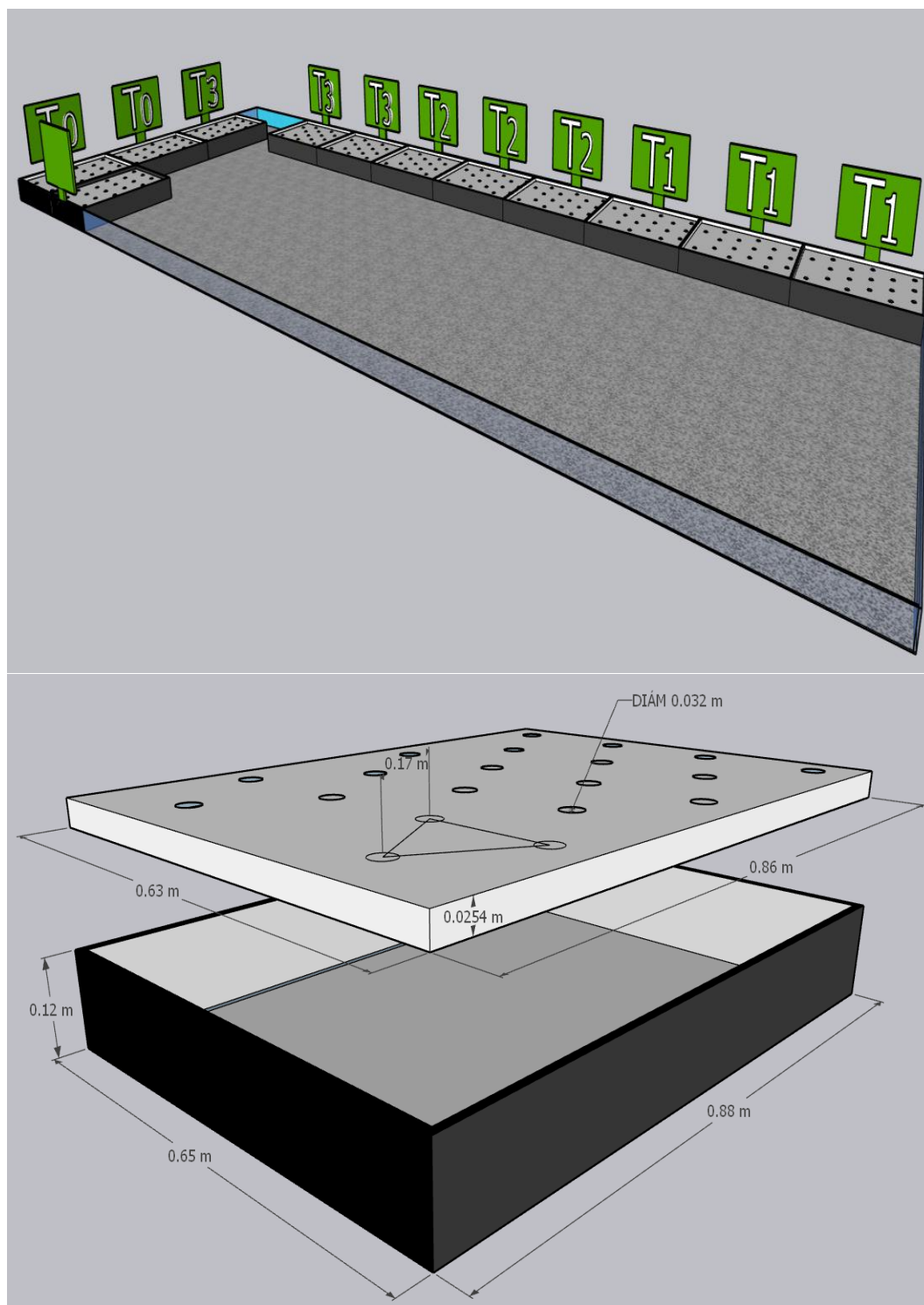


Figura 15. Aplicación de microorganismos eficientes (EM -1) para cada tratamiento con diferentes concentraciones.

Anexo 17. Evaluación de los variables de estudio en lechugas hidropónica en diferentes concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1), Ayacucho del 2021.

 Peso fresco	 Altura
 Número de hojas	 Largo de hoja
 Ancho de hoja	 Tamaño de raíz

Anexo 18. Diseño y distribución de las plantas de lechuga en el sistema raíz flotante, en las instalaciones del vivero de la empresa HIDRO_MITED S.A.C ubicado en Av. Nicaragua 330 del distrito San Juan Bautista, Ayacucho 2021.



Anexo 19. Matriz de consistencia

Título: Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM-1) en el cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. "lechuga" var. Crespa, Ayacucho 2020.

Autor: MITMA ENCISO, María Teresa

Asesor: OCHOA YUPANQUI, Walter W.

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuál es el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var? ¿Crespa, Ayacucho 2020?	H₀: Tendrá efecto en las tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa H_A: No tendrá efecto en las tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa.	General: Evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) en el cultivo hidropónico de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa, Ayacucho 2020 Objetivos específicos: 1. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de raíz de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", var. Crespa a la concentración microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0086 %. 2. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de raíz de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", var. Crespa a la concentración microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0171 %. 3. Determinar el peso fresco, altura, número de hojas, área foliar de las hojas, longitud de raíz de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", var. Crespa a la concentración microorganismos eficientes (EM -1) de 0,0342 %. 4. Determinar el rendimiento kg/m ² de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", var. Crespa en tres concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1).	- Microorganismos eficientes (EM) - Modo de acción de los Microorganismos - La activación de EM - Aplicación de microorganismos eficientes. - Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) - Taxonomía - Características biométricas y morfológicas de la lechuga - Rendimiento - Cultivo hidropónico - Técnicas hidropónicas - Solución nutritiva (nutrientes para el cultivo Hidropónico)	Variable Independiente Concentraciones de microorganismos eficientes (EM -1) Indicador: • T1: Concentración de microorganismos eficientes (EM -1) 0,0086 % • T2: Concentración de microorganismos eficientes (EM -1) 0,0171 % • T3: Concentración de microorganismos eficientes (EM -1) 0,0342 % • T0: Concentración de microorganismos eficientes (EM -1) 0 % Variable Dependiente • Rendimiento kg/m ² de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa • Indicadores: • Peso fresco unitario en (kg) • Altura de la planta (cm) • Número de hojas (unidad) • Área foliar de la hoja (cm ²) • Longitud de raíces (cm)	Tipo de investigación: Experimental Población: Todas las plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa del almácigo. Muestra: Por conveniencia se determinó 20 plantas que constituyeron la muestra no probabilística de cada tratamiento (testigo, t1, t2, t3) ubicado en contenedores de madera (camas de cultivo) en el sistema de raíz flotante, cada tratamiento se realizó por triplicado, haciendo un total de 240 plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" var. Crespa. Diseño experimental: DCA con 03 tratamientos y 01 testigo; con 03 repeticiones. Análisis estadístico: Los datos obtenidos se procesarán en Microsoft Excel; empleando el ANNOVA y la prueba de Tukey (α=0,05) para contrastar los resultados, mediante el Software Infostat.