

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”. Ayacucho - 2019.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGA, EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES**

Presentado por la:
Bach. MACHACA TOMAYLLA, Ruth Melina

AYACUCHO – PERÚ
2021

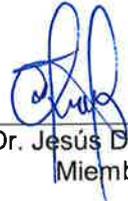
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Ruth Melina MACHACA TOMAYLLA
R.D.N° 123-2020-UNSCH-FCB-D

A los cuatro días del mes de marzo 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. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ (presidente); Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (miembro jurado); Dr. Gilmar PEÑA ROJAS (miembro jurado); Mg. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI (miembro asesor), Mg. Rilder GASTELÚ QUISPE (miembro 4to jurado), actuando como secretaria docente la Mg. Nilda Aurea APAYCO ESPINOZA, para recepcionar la sustentación de tesis titulada: **Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* "trigo", *Hordeum vulgare* "cebada" y *Zea mays* "maíz". Ayacucho - 2019**, presentada por la Bach. **Ruth Melina MACHACA TOMAYLLA**; 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 al sustentante y a 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. Saúl Alonso Chuchón Martínez	17	18	18
Dr. Jesús De La Cruz Arango	17	14	16
Dr. Gilmar Peña Rojas	17	16	17
Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui	16	16	16
Mg. Rilder Gastelú Quispe	16	16	16
		PROMEDIO	17

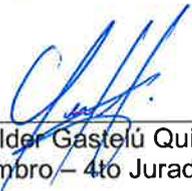
El sustentante alcanzó el promedio de 17 (diecisiete) aprobatorio. Acto seguido, el presidente invitó a la sustentante y público reingresar a la sala virtual para dar a conocer el resultado de la evaluación; finalizando el presente acto académico siendo las siete y diez minutos de la noche, firmando al pie del presente en señal de conformidad.


 Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez
 Presidente


 Dr. Jesús De La Cruz Arango
 Miembro – Jurado


 Dr. Gilmar Peña Rojas
 Miembro - Jurado


 Mg. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui
 Miembro - Asesor


 Mg. Rilder Gastelú Quispe
 Miembro – 4to Jurado


 Mg. Nilda Aurea Apayco Espinoza
 Secretaria - Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

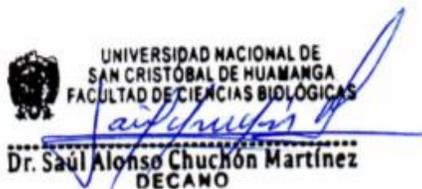
DECANATURA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS N° 020-
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 eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de Triticum aestivum “trigo”, Hordeum vulgare “cebada” y Zea mays “maíz”. Ayacucho – 2019”**, presentado por la Bach. RUTH MELINA MACHACA TOMAYLLA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 24%, 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, 04 de agosto del 2021.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Dr. Saul Alonso Chuchón Martínez
DECANO

Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”. Ayacucho - 2019

por Ruth Melina Machaca Tomaylla

Fecha de entrega: 04-ago-2021 07:09p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1627828273

Nombre del archivo: Machaca-Tomaylla_-Ruth-Melina-pregrado-2021-TURNITIN.doc (948.5K)

Total de palabras: 13302

Total de caracteres: 68872

Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* "trigo", *Hordeum vulgare* "cebada" y *Zea mays* "maíz".

Ayacucho - 2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	1library.co Fuente de Internet	2%
3	idoc.pub Fuente de Internet	2%
4	www.emuruguay.org Fuente de Internet	2%
5	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

9	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	qdoc.tips Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1 %
13	pt.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
14	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
15	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	1 %
16	www.em-la.com Fuente de Internet	1 %
17	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1 %
18	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1 %
19	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	1 %

20	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
21	revista.unanleon.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
22	forrajesagroumsa.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
25	lacebada10.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
26	www.nucleodiversus.org Fuente de Internet	<1 %
27	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
28	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
29	academica-e.unavarra.es Fuente de Internet	<1 %
30	agricultura.biz Fuente de Internet	<1 %

31

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

32

mmegias.webs.uvigo.es

Fuente de Internet

<1 %

33

repositorio.una.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

A Dios, por las bendiciones de tenerme con Vida. A mi mamá Valeriana y Jorge Luís por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología, mi Alma Máter, por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A mi asesor Mtro. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui, por su enseñanza y asesoramiento en las diferentes etapas de la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mi madre por su apoyo incondicional durante todo el proceso de desarrollo del trabajo de investigación, de igual manera a mi pareja Jorge Luis y mi hermana Luz Mila por su apoyo durante las diferentes etapas de elaboración de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. MARCO CONCEPTUAL	12
2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)	12
2.2.2. Origen	12
2.2.3. Hidroponía	13
2.2.4. Factores que influyen en producción de Forraje Verde Hidropónico	13
2.2.5. Ventajas y desventajas del sistema Forraje Verde Hidropónico	15
2.2.6. Proceso de producción de Forraje Verde Hidropónico	16
2.2.7. Vivero	17
2.2.8. Los Microorganismos Eficaces (EM)	18
2.2.9. Modo de acción de los microorganismos eficaces (EM)	19
2.2.10. Importancia de los Microorganismos Eficaces (EM)	19
2.2.11. Aplicaciones de los Microorganismos Eficaces (EM)	20
2.2.12. Medios que se utilizan para aplicar el EM	21
2.2.13. Ingredientes para elaboración microorganismos eficaces activados (EM- A)	21
2.2.12. Biomasa	21
2.13. Altura de la planta	22
2.14. La raíz	22
2.15. Área foliar	22
2.16. Rendimiento	22
2.17. Clasificación taxonómica	22
2.17.1. Valor nutricional de forraje verde hidropónico	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación de zona de estudio	27
3.1.1. Ubicación política:	27

3.2.	Población y Muestra	27
3.2.1.	Población	27
3.2.2.	Muestra	27
3.2.3.	Diseño experimental	27
3.3.	Metodología y recolección de datos	28
3.3.1.	Descripción de instalaciones	28
3.3.2.	Activación del EM (EM-1)	28
3.3.3.	Dilución del microorganismo eficiente activado (EM-A)	29
3.3.4.	Prueba de Porcentaje de germinación	30
3.3.5.	Selección y preparación de semillas	30
3.3.6.	Pre-germinación	30
3.3.7.	Siembra	31
3.3.8.	Riego	31
3.3.9.	Descripción de los tratamientos	31
3.3.10.	Altura de las plantas	31
3.3.11.	Desarrollo de la masa radicular	31
3.3.12.	Área foliar.	32
3.3.13.	Determinación de biomasa	32
3.3.14.	Determinación del rendimiento en kg/m ²	32
3.4.	Tipo de investigación	32
3.5.	Análisis Estadísticos	32
IV.	RESULTADOS	33
IV.	DISCUSIÓN	41
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2: Composición nutricional de Forraje Verde Hidropónico de trigo	25
Tabla 3: Composición nutricional de Forraje Verde Hidropónico de maíz	25
Tabla 4: Croquis del diseño experimental y los tratamientos	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Porcentaje de germinación promedio de semillas de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	35
Figura 2: Altura promedio (cm) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.	36
Figura 3: Tamaño de la raíz promedio (cm) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	37
Figura 4: Tamaño del área foliar promedio (cm ²) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.	38
Figura 5: Biomasa promedio (kg/bandeja) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.	39
Figura 6: Rendimiento promedio (kg/m ²) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.	40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1: Altura promedio (cm) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	57
ANEXO 2: Tamaño de la raíz promedio (cm) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	58
ANEXO 3: Tamaño área foliar promedio (cm ²) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	59
ANEXO 4: Biomasa promedio (kg/bandeja) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	60
ANEXO 5: Rendimiento promedio (kg/m ²) del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	61
ANEXO 6: Valores de Análisis de Varianza de altura promedio (cm), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	62
ANEXO 7: Valores de Análisis de Varianza de la radícula promedio (cm), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	63
ANEXO 8: Valores de Análisis de Varianza de área foliar promedio (cm ²), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres	

	concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	64
ANEXO 9:	Valores de Análisis de Varianza de biomasa promedio (kg/bandeja), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	65
ANEXO 10:	Valores de Análisis de Varianza de rendimiento promedio (kg/m ²), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	66
ANEXO 11:	Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de la altura promedio (cm), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	67
ANEXO 12:	Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de tamaño de raíz promedio (cm), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	68
ANEXO 13:	Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de área foliar promedio (cm ²), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	69
ANEXO 14:	Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de Biomasa promedio (kg/bandeja), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	70
ANEXO 15:	Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de rendimiento promedio (kg/m ²), del forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea</i>	

<i>mays</i> “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.	71
ANEXO 16: Instalación de semillas de trigo, cebada y maíz para determinar el porcentaje de germinación, Laboratorio de Biología, Ayacucho 2019.	72
ANEXO 17: Instalación de semillas de trigo, cebada y maíz para determinar el porcentaje de germinación, Laboratorio de Biología, Ayacucho 2019.	73
ANEXO 18: Activación de Microorganismos Eficaces en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	74
ANEXO 19: Lavado y desinfección de semillas de trigo, cebada y maíz para la producción de forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	75
ANEXO 20: Oreo de las semillas de trigo, cebada y maíz en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	76
ANEXO 21: Pesaje de semillas de trigo, cebada y maíz para parasembrar en las bandejas en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	77
ANEXO 22: Siembra de las semillas de trigo, cebada y maíz en bandejas en el área de germinación, en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	78
ANEXO 23: Vista del cultivo de forraje verde hidropónico de trigo, cebada y maíz en desarrollo en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	79
ANEXO 24: Desarrollo de la masa radicular del forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	80
ANEXO 25: Medida de altura del tallo, raíz, área foliar del forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	81
ANEXO 26: Vista del cultivo de forraje verde hidropónico del maíz a los 21 días de crecimiento en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	82
ANEXO 27: Pesaje de forraje verde hidropónico para determinar la biomasa en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.	83

RESUMEN

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, cebada, trigo, etc.), actualmente se producen empleando una combinación de microorganismos benéficos naturales (EM) que corresponden a una mezcla de bacterias y hongos. El trabajo tuvo como objetivo: Evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”; se realizó en un viviro, ubicado en el Distrito Andrés Bello Cáceres-Ayacacucho, a 2737 msnm, empleando tres tratamientos: tratamiento 1 (EM-A 0,1%); tratamiento 2 (EM-A 0,25%), tratamiento 3 (EM-A 0,5%), y tratamiento testigo (EM-A 0,0 %), bajo el diseño experimental completamente randomizado con 4 tratamientos y 7 repeticiones; utilizándose 28 unidades experimentales (bandejas), 7 por cada tratamiento con un total de 84 bandejas. Las semillas de trigo y cebada alcanzan el 100% de germinación, y el maíz 87,33%. La altura es mejor con el tratamiento EM-A 0,25% en trigo y cebada, el crecimiento del maíz es menor en todos los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$). La cebada muestra mayor tamaño de raíz con el tratamiento EM-A 0,25%, (8,49 cm) y EM-A 0,5 % (8,00 cm), siendo diferentes en los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$). Con el tratamiento EM-A 0,25%, la cebada tiene mayor área foliar (6,81 cm²), seguido del EM-A 0,5% en trigo y cebada (5,81 cm² y 5,66 cm²); en todos los casos la cebada muestra mayor área foliar en comparación al trigo, el maíz tiene área foliar mínima en todos los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); con el tratamiento EM-A 0,5%, la cebada presenta mayor biomasa (0,71 kg por bandeja), seguido del EM-A 0,1% (0,64 kg por bandeja) y EM-A al 0,25% (0,62 kg por bandeja), siendo diferentes entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$). En el tratamiento EM-A 0,5%, la cebada es el que presenta mayor rendimiento (8,34 kg/m²), seguido del EM-A 0,1% y EM-A 0,25% (7,49 kg/m² y 7,25 kg/m²). En todos los tratamientos se observa mayor rendimiento de la cebada, seguida del trigo; el maíz, no muestra rendimiento significativo ($F_c > F_{0,05}$). Se concluye que las concentraciones de microorganismos eficaces EM-A 0,5%, y EM-A 0,25% tienen mejor efecto en el cultivo de FVH.

Palabras clave: Forraje verde hidropónico; microorganismos eficaces; rendimiento; biomasa.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) constituye una alternativa para la alimentación de los animales en épocas críticas. La disyuntiva de escasez de tierra y agua en el mundo, hacen del FVH la mejor opción para la producción de forraje de uso en ganadería. Se producen en ambientes controlados (invernaderos y carpas solares), con la utilización de agua para riego controlado y calcular el uso eficiente de agua, utilizando principalmente gramíneas: cebada y avena. Es necesario mencionar, que la producción de FVH, no reemplaza a los forrajes que se producen hoy en día en forma convencional; sin embargo, es un buen suplemento para épocas de escasez de forrajes en zonas que tienen estos problemas. Se sabe que el FVH representa un excelente aditivo para la ración diaria de los diferentes animales, por cuanto mejora la producción de estos últimos aumentando la cantidad y la calidad de los productos derivados como carne, huevo, leche, etc. Existen diferentes procesos de producción de FVH, como la hidroponía, sustratos neutros (aserrín, grava), mezclas para el sostén de las plántulas, métodos más tecnificados como los que funcionan con bombas que hacen circular el agua, nebulizadores automáticos y otras formas de producción¹, por ello nos propusimos los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”.

Objetivos específicos

1. Medir la altura de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces.

2. Determinar el tamaño de raíz de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces.
3. Determinar el área foliar de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces.
4. Evaluar la biomasa de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces.
5. Evaluar el rendimiento kg/m² de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Antecedentes internacionales

Ortega, I. (2019), en su trabajo: "Evaluación de los procesos de germinación y desarrollo vegetativo de semillas forrajeras mediante la aplicación de sustancias nutritivas biológicas, a través de la técnica de cultivo hidropónico bajo cubierta en el Municipio de Sotará. Colombia. 2019", se propone como objetivo: evaluar el porcentaje de germinación y medir el desarrollo vegetativo de semillas forrajeras, mediante la técnica de cultivo hidropónico bajo cubierta. En la producción de FVH se empleó bandejas de 25 x 38 centímetros de material plástico, realizó la desinfección de las semillas (trigo, cebada y maíz) con hipoclorito de sodio al 1%, posteriormente remojó la semilla durante 24 horas, procediendo a la siembra en las bandejas en el ambiente hidropónico. La germinación se inició al segundo y tercer día de instalado el experimento, donde se pudo evaluar los porcentajes de germinación respectivamente. Se suministró el riego tres veces por día con agua mezclada con cal para prevenir los hongos. Las primeras aplicaciones del abono orgánico líquido de ortiga, guano y humus se realizaron a partir del sexto, onceavo y treceavo día con diferentes cantidades, después de 15 días se realizó la cosecha del Forraje Verde Hidropónico, determinándose el rendimiento para cada semilla. La semilla que mayor porcentaje de germinación presentó fue el trigo con un 97%, seguida del maíz con 88% y por último la cebada con un 60%, con respecto al desarrollo vegetativo la semilla que mejor crecimiento mostró, fue la cebada con un promedio de 20 centímetros, seguida del trigo con 18 centímetros y por último el maíz con tan solo 6 centímetros. En cuanto a los factores incidentes en el proceso investigativo la solución nutritiva a base de estiércol de vaca fue la que mejor se ajustó a las exigencias nutricionales de las semillas. Encuentra diferencias estadísticas en el desarrollo vegetativo (ANVA)

con una probabilidad del 95%; en cuanto a las soluciones nutritivas, no encuentra diferencias estadísticas; también encuentra diferencias entre especies, siendo *Hordeum vulgare* “cebada” con un promedio de 20 centímetros la que mejor desarrollo vegetativo obtuvo frente a los 18 y 5 centímetros que alcanzaron el *Triticum aestivum* “trigo” y *Zea Mays* “maíz”, al cabo de 15 días de haber germinado bajo condiciones controladas.²

Álvarez, N. (2018), realiza el trabajo: “Respuesta de forraje verde hidropónico suministrando 2 soluciones nutritivas en *Avena sativa* “avena” y cebada *Hordeum vulgare* “cebada” en carpa solar. Bolivia. 2018”, con el objetivo: evaluar el rendimiento de forraje al ser aplicado dos soluciones nutritivas en un cultivo. Para ello se utilizó semilla de Cebada IBTA 80 y Avena GAVIOTA. Los resultados mostraron una diferencia significativa entre especies, donde la avena presentó un promedio de 60,29%, mientras que la cebada tuvo una germinación de 63,04%. El ANVA muestra la existencia de una significancia entre las gramíneas empleadas en el experimento al 5%. Estos valores indican que hay diferencias significativas en el factor A (Gramíneas). En el caso de altura de planta de las dos especies forrajeras, no demostraron diferencias entre los tratamientos, confirmando con el ANVA; en cuanto al área foliar, se obtuvo diferencias significativas, confirmadas con el ANVA. Para el caso del factor “B” que son las soluciones nutritivas no llegaron a presentar diferencias significativas. En cuanto a la biomasa se presentaron diferencias significativas en las soluciones nutritivas siendo las sustancias nutritivas los que mejores valores obtuvieron por encima del té de humus de lombriz. Concluye que en las gramíneas no existen diferencias significativas, en tanto que el factor soluciones nutritivas si presentan diferencias significativas, no se presentaron diferencias significativas para el caso de la interacción de los factores .¹

Lima, T. (2018), menciona en su investigación sobre: “Evaluación del rendimiento de *Avena sativa* “avena” y *Trifolium repens* “trébol blanco” asociados como forraje verde hidropónico en relación a diferentes concentraciones de biol bovino como medio nutritivo en la localidad de Viacha del departamento de La Paz”, proponiéndose el objetivo: Estimar el rendimiento de avena y trébol blanco asociados bajo 3 niveles de biol bovino en la producción de FVH. Se cultivó en andamios de tres niveles, y se sembró en charolas de 0,25 m², posteriormente se instaló en un invernadero. El riego lo hizo con distintas concentraciones de biol aplicándose el riego desde el primer día 200 ml de solución de biol hasta los

10 días, posteriormente suministró riego de 300 ml hasta los 20 días de la cosecha. La prueba de germinación realizada indicó que las semillas de avena que se utilizó presenta 85,5% de germinación mientras que las semillas del trébol presentan un 97% de germinación. Para la altura en avena a los 15 días, se demostró diferencias significativas con los diferentes métodos en estudio, el cual señala que las alturas de los cuatro tratamientos son distintas el uso de biol. La prueba Duncan demuestra con el tratamiento, T3 (60 % de biol) es mejor ya que presenta mayor altura, seguido de T2 (40 % de biol) y T1 (20% de biol), y T0 (0% de biol) corresponde la altura de planta más baja. Para el trébol blanco muestra diferencias significativas en el suministro de biol con las distintas metodologías por lo cual fue demostrado que el biol suministrado con distintas concentraciones como medio nutritivo para cultivar el trébol blanco, FVH es efectivo. Duncan al 5% demostró que con el tratamiento al T0 (0% de biol) evidenció altura mayor, seguido por T1 (20 %de biol) y T2 (40% de biol), presentan la altura más baja de forraje verde hidropónico. La asociación de avena y trébol mostró una significancia alta entre los distintos tratamientos que se estudió para el rendimiento de fitomasa (cosecha). Se concluyó que el efecto con distintos tratamientos de Biol es favorable en el cuál se evidenció como el más recomendable T3 (60 % de biol), seguido por T2 (40 % de biol), y por T1 (20% de biol), mientras que el T0 (0% de biol). obtuvo el más bajo en rendimiento.³

Tapia, D. (2018), en su trabajo de investigación “Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de *Hordeum vulgare L.* “cebada”. En el centro experimental de cota cota-La Paz”, se planteó como objetivo: mejorar la productividad Forraje Verde Hidropónico, utilizando diferentes abonos orgánicos como: Biól, jiracha, lixiviado de lombriz. La investigación, se realizó en un área de 6 m² en 12 bandejas de 1 m por 0,5 m y una altura de 0,05 m de alto, los mismos que fueron acondicionados previa desinfección con hipoclorito de sodio al 2%, dentro de una carpa solar. Las semillas seleccionadas fueron desinfectadas hipoclorito de sodio al 1% por dos horas, posteriormente se enjuagó con abundante agua y remojó durante un tiempo de 24 horas. Los datos se obtuvieron a partir de la aplicación de abonos orgánicos, a los 7 días, 9 días, 11 días, 13 días y 15 días y finalmente se realizó la cosecha. Se empleó el diseño completo al azar con 4 tratamientos (T1 = Aplicación de 50 ml de biol disuelto en 2 litros de agua, T2 = Aplicación 2 ml de lixiviado de lombriz disuelto en 2 litros de agua, T3 = Aplicación 20 ml de jiracha disuelto en 2 litros de agua,

T4 = Sin abono orgánico solo se le suministró agua) y 3 repeticiones, en total con 12 unidades experimentales. Los resultados demuestran diferencias altamente significativas en la altura de crecimiento de forraje entre tratamientos, con una media general de 12,76 cm y un coeficiente de variación de 7,15%. Los mejores resultados obtenidos corresponden al T3 (Jiracha) que registró mayor tamaño con 16,28 cm de altura. Duncan al ($p < 0,05$), determinó que hay tres grupos, el primero está formado por el abono orgánico jiracha el cuál mostró una altura promedio de 16,28 cm, el segundo grupo conformados por el lixiviado y biol que tiene en promedio una altura de 13,16 cm y 12,44 cm y el tercer grupo conformado por testigo (sin abono orgánico) en promedio tiene una altura de 9,28 cm. El rendimiento de Forraje Verde Hidropónico (kg/m^2) también, muestra una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con una media general de 6,39 kg y un coeficiente de variación de 3,36%. El mejor resultado obtenido corresponde al T3 (Jiracha) que registró un rendimiento de 7,55 kg MV en relación a los otros tratamientos, la prueba Duncan demostró que existe variaciones en tratamientos estudiados donde se indicó que existe tres clases muy diferentes, el primero está formado por jiracha con rendimiento promedio de 7,55 kg en $0,5 \text{ m}^2$ siendo el mejor tratamiento seguido del biol y lixiviado como segundo grupo con promedios de 6,43 kg y 6,05 kg respectivamente en $0,5 \text{ m}^2$ y el último grupo está formado por el testigo con 5,53 kg como promedio en $0,5 \text{ m}^2$ que presento menor rendimiento de FVH.⁴

Delgado, J. (2016), manifiesta como objetivo: Determinar el rendimiento del cultivo de la avena, ésta se utilizada como forrajera, la investigación se llevó bajo tres metodologías de producción de FVH, los cuales son el método: Tarrillo, FAO y la Molina, donde se evaluó diferentes variables, como altura de la planta, rendimiento de los 3 métodos y el costo de producción de FVH con los distintos métodos de producción. Los resultados obtenidos fueron que durante la germinación el mayor porcentaje se dio a los cinco días de puesto la semilla en las bandejas a temperaturas de 20°C . En cuanto al rendimiento en peso verde del forraje se obtuvo que el método de FAO obtuvo $9,60 (\text{kg}/0,24 \text{ m}^2)$, en comparación a los otros métodos empleados en la tesis. Los mejores resultados dieron con respecto a la altura de la planta el método de la FAO con 27,5 cm en promedio a comparación de los otros dos métodos. En el crecimiento de la raíz los resultados fueron significativos en los tres métodos empleados, mostrando el método de Tarrillo un promedio 3,79 cm y los siguientes métodos FAO y La

Molina dieron como resultado 3,48 cm y 3,31 cm respectivamente. En conclusión, el método FAO es quien mostró mejores resultados en la producción de FVH, por lo que se recomienda usar esta metodología.⁵

Villalta, M.(2014), menciona en su trabajo: “Evaluación de tres niveles de microorganismos eficaces activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH) en la quinta experimental Punzara de la UNL”, cuyo objetivo fue: evaluar el efecto de tres niveles de microorganismos eficaces activados en la producción de FVH, se seleccionó y se desinfectó las semillas de avena forrajera con hipoclorito de sodio al 1% seguido se enjuagó con abundante agua ,luego se continuó con el remojo por cuatro horas, desde el inicio de pre germinado se colocó las semillas en bandejas (0,0912 m²) como sustrato se utilizó el aserrín fino, con una densidad de siembra de 200 g de avena por bandeja. La producción de FVH se hizo dentro de un invernadero al cual se le realizó ciertas adecuaciones. El tiempo de producción se consideró 21 días a partir de la germinación de las semillas En el estudio se aplicó el Diseño Experimental Completamente Canonizado con 4 cuatro tratamientos y siete repeticiones; utilizando un total de 28 unidades experimentales, y siete por cada tratamiento. Se registró mayor crecimiento en altura y mejor rendimiento en biomasa de las plantas con el tratamiento 2, al 0,25% de EMA, con 23,8 cm de altura promedio, y 1,1951 kg por bandeja.⁶

Jiménez, J. (2013) realizó la investigación: “Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de cosecha en la quinta experimental punzara” de la Universidad Nacional de Loja”. Instaló un invernadero de 50 m² (5 m de ancho x 10 m de largo), el sistema de riego, fue por perchas metálicas y para la producción de forraje verde hidropónico de cebada y trigo se utilizó 120 bandejas de plástico. El diseño experimental fue asignado en un diseño completamente al azar donde se llevó a cabo la prueba de DUNCAN, mostrando los resultados de la producción de FVH de cebada y trigo, existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos (tiempos de cosecha fueron, 17,21 y 25) El análisis estadístico mostró que hay diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos. El mayor rendimiento de biomasa tanto en cebada como en trigo se dio a los 25 días. En el FVH de cebada.⁷

Luna, R. (2013), realizó su estudio: “Rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) forrajera verde en relación a tres métodos de producción

hidropónica estándar en la comunidad de Challajahuira, localidad de Viacha, provincia Ingavi, departamento La Paz”, objetivo: estimar tres métodos de producción de forraje hidropónico; considerando para ello como parámetro de respuesta la altura, raíz y rendimientos de materia verde. Para lo cual se empleó semillas de cebada variedad IBTA 80 de CEFO – U.M.S.S., se hizo la siembra en estanterías en bandejas de 0,191 m², el cultivo se hizo en un Invernadero Hidropónico. Se inició el riego del 4^{to} hasta el 8^{vo} día, se aplicó dos litros por bandeja diarios con solución nutritiva. A partir del 9^{vo} día se regó solo con agua, hasta el día antes de la cosecha que se realizó el 12^{avo} día. Concluye que mostró diferencias en la producción de forraje hidropónico entre los métodos empleados, mostrando así el método Tarrillo altura promedio de 23,83 cm a comparación de los métodos, de la FAO 22,15 cm y de la Molina 21,58 cm esto de acuerdo a la prueba de Duncan. Mientras la raíz de la cebada hidropónica muestra una diferencia entre los métodos, en donde método Tarrillo alcanzó 3,79 cm frente a los métodos, de la Molina 3,48 cm y de la FAO 3,31 cm. En el rendimiento del forraje hidropónico, la densidad de 1 kg/bandeja tuvo mayor rendimiento con 8,14 kg/bandeja en el método Tarrillo en comparación a los dos métodos, de la FAO con 7,88 kg y de La Molina con 7,80 kg.⁸

Antecedentes nacionales

Calvay, J. (2018), en su trabajo: “Optimización del rendimiento hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en función del tiempo de cosecha en Lambayeque”; tiene como objetivos: a) Determinar el tiempo de cosecha de Germinado Hidropónico (GH) de cebada para optimizar el rendimiento de proteína cruda en su composición b) Determinar rendimiento de la biomasa producido por kilogramos de semillas de cebada. Utilizó bandejas de 0,149 m², se evaluó el rendimiento germinado hidropónico de cebada por 1 m² de cada tratamiento en base de la materia fresca. Al realizar ANVA se encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, mostrando con mejores rendimientos T4 (12 días) y T5 (14 días), entre los cuales no hubo diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre ambos, pero sí hubo diferencias numéricas, donde T5 (14 días) con 24,23 kg de GH/m² superó en 0,45% al rendimiento de T4 (12 días), superó en 9,57% al rendimiento de T3 (10 días), que rindió 21,82 kg.⁹

Pacco, J. (2018), reporta en su investigación: “Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas en Cabana –Puno”,

planteando como objetivos: a) Estimar el valor cultural y altura de forraje verde de cebada y avena el valor cultural y altura de planta del forraje verde de cebada y avena añadiendo fitorreguladores orgánicos al sistema hidropónico. b) Determinar el rendimiento de biomasa del forraje verde de cebada y avena añadiendo fitorreguladores orgánicos. Los elementos para el estudio fueron la cebada (C1) y avena (C2) y los fitorreguladores de crecimiento son fueron: (F1) Seaweed Creme, (F2) Phyllum, (F3) Biogyz y control, total 8 tratamientos en estudio, el cual se sometió a un Diseño Completamente Randomizado con un arreglo factorial, establecido por dos especies forrajeras y tres tipos de fitorreguladores orgánicos y un control, los cuales se combinó con un total de ocho tratamientos dirigido bajo tres repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales. El suministro de la dosis de los fitorreguladores es de 5 ml/L de agua.

a) El valor cultural, en cebada con la adición de Biogyz mostró 96,04% seguido por Seaweed Creme con 95,22%. En avena, con Biogyz mostró 80,68%, seguido por En avena, con Biogyz se tuvo 80,68%, seguido Seaweed Creme con 81,47%. En la altura de la planta, la cebada con la adición de Biogyz mostró 17,47 cm, seguido por Seaweed Creme con 16,83 cm; mientras en avena, se adicionó Biogyz alcanzando altura promedio de 15,27 cm, seguido por Seaweed Creme mostró altura promedio de 14,30 cm. El ANVA muestra que para el factor especie forrajera (e) se encuentra una diferencia estadística altamente significativo, el cual da entender que entre las especies forrajeras hay diferencias en el crecimiento (f), igualmente se encuentra diferencia estadística altamente significativo, el cual también da entender que entre los fitorreguladores de crecimiento hay diferencia de crecimiento. Duncan muestra para el factor especie forrajera, en donde la cebada tuvo mayor velocidad de crecimiento con 2,02 cm, el cual es estadísticamente superior a la avena con 1,85 cm

b) En rendimiento de biomasa de forraje verde, en cebada con la adición de Biogyz se obtuvo 18,67 kg/m², seguido de Seaweed Creme con 16,17 kg/m²; mientras en la avena con la adición de Biogyz se obtuvo 16,83 kg/m², seguido de Seaweed Creme con 15,17 kg/m². ANVA muestra para rendimiento de biomasa de forraje verde, que para el factor especie forrajera (e) indica diferencia estadística altamente significativa para el factor forrajero, el cual señala que entre las especies forrajeras hay diferencias en rendimiento de biomasa; para el factor fitorregulador de crecimiento (f) también indica que hay diferencias estadísticas altamente significativas, el cual señala que entre los fitorreguladores hay

diferencia en rendimiento de biomasa verde. También existe diferencia significativa en la interacción de (e x f), por lo cual se puede indicar que los factores actúan de forma dependiente sobre otro sobre el rendimiento en biomasa verde. Duncan para factor especie forrajera, en donde la cebada tuvo mayor rendimiento de biomasa verde con 16,08 kg/m², el cual es estadísticamente superior a la avena con 14,13 kg/m².¹⁰

Guevara, B. (2017), realizó la investigación “Color de cámara de germinación en la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) y maíz (*Zea mays L.*)”, cuyos objetivos fueron: a) Determinar la influencia del color de cámara de germinado en la producción de Germinado Hidropónico de cebada y maíz en Lambayeque. b) Determinar el rendimiento de biomasa por kg de semilla procesada. El análisis de varianza muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el factor tipo semilla, pero no en el factor color de cámara ni en la interacción de los factores evaluados ($p > 0,05$). En el factor tipo de semilla, independiente del factor color de cámara de germinación, los mejores resultados se obtuvieron con cebada que superó en 51,56% al rendimiento de maíz. En el factor color de cámara de germinación, independiente del tipo de semilla, los mejores resultados se lograron con el color de cámara ploma superando en 9,25 % al rendimiento de GH/m² obtenido con color de cámara negra.¹¹

Ordoñez, E. (2018), en su trabajo: “Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*”, se propone como objetivo: determinar el efecto de diferentes dosis, soluciones nutritivas A y B con el agua de riego de germinado hidropónico (GH) de cebada sobre el valor nutricional y el rendimiento del germinado. Se aplicó 6 tratamientos: Testigo T0: sin solución A y B; T1: 1, 00 ml A y 0,50 ml B; T2: 0, 50 ml A y 0, 125 ml B; T3: 0, 75 ml A y 0, 25 ml B; T4: 1, 25 ml A y 0, 75 ml B; T5: 1, 50 ml A y 1, 00 ml B, cada uno con 6 repeticiones. El resultado se llevó a un Diseño Completamente al azar. El cuál indica que las dosis de las soluciones nutritivas influyen significativamente en los variables estudiadas, donde T3 mostró mayores valores en él, mientras que T0, T4 Y T5 muestran valores menores. Se concluyó que la combinación de solución nutritivas con dosis 0,75 ml y 0,25 ml es con el cuál se obtuvo mejores resultados en cuanto al rendimiento y valor nutricional de GH de cebada.¹²

Zeballos, D. (2017), estudia el “Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajeros *Zea mays*. Región Tacna”, con el objetivo de determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el

rendimiento de tres cultivares de maíz forrajeros *Zea mays*. Se estudió dos factores: Factor A, maíz (Opaco malpaso; Marginal 28T; Dekalb 7088) y Factor B, microorganismos eficaces con tres concentraciones (10%; 5%; 0%). Se empleó un diseño experimental completamente Randomizado con 4 repeticiones en un arreglo factorial de 3 x 3. Al aplicar Duncan en la interacción de los cultivares de maíz por EM en el rendimiento del forraje, presenta con mejor rendimiento en primer lugar con el tratamiento Opaco malpaso por 10 % de EM con 86,91 t/ha, seguido por Opaco malpaso por 5% de EM con 78,63% t/a y con menor rendimiento presenta Dekalb con 0% de EM con 36,01 t/ha de forraje verde .¹³

Antecedentes locales

Bautista, P. (2018), en su investigación: “Niveles de abono foliar (EM-1) y compost con EM-1 en el rendimiento de maralfalfa “*Pennisetum sp*” Centro de Producción Canchán-Húanuco, 2020 m.s.n.m”. Objetivo: Determinar la eficiencia del nivel del abono foliare y la incorporación del compost con EM-1 en el desarrollo y crecimiento de maralfalfa para mejorar su calidad y rendimiento el estudio los datos se sometió a un diseño Completamente al Azar. Se evaluó un total de 36 unidades experimentales asignados a 4 bloques con 9 tratamientos. En conclusión obtuvieron con mejor rendimiento en forraje con el compost con microorganismos eficaces el cuál alcanzó 46,73 y 49 ,11 t.ha⁻¹ en el segundo corte y el tercer corte .¹⁴

Robles, G. (2018), en su tesis: “Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje hidropónico de cebada en alimentación de cuyes mejorados en crecimiento a 2750 m.s.n.m-INIA,” Objetivo: Determinar el reemplazo de alfalfa verde por FVH de cebada en la alimentación de cuyes mejorados en crecimiento , utilizando 36 cuyes de edad de 18 días y destetados, con inicio de peso promedio de 296 g. colocados en 4 tratamientos y 3 repeticiones : T1= alfalfa ; T2 = forraje verde hidropónico de cebada; T3 = alimento balanceado más alfalfa 10% de su peso vivo y T4 = alimento balanceado más forraje verde hidropónico de cebada al 10% de su peso vivo. Después de los 70 días ,T3 y T4 presentan rendimiento superior a los T1 y T2, sin diferencia alguna entre ellos, pero para el índice de conversión y rendimiento de carcasa no se encontró diferencia significativa, por lo que se infiere que el reemplazo de forraje verde hidropónico es factible por su conversión del alimento en carne y por disminuir el costo de producción de los cuyes .¹⁵

Meneses, V. (2012), en su tesis: “Implementación de Módulos para la Producción de Forraje Verde Hidropónico, bajo 3 niveles de nitrógeno en el engorde de carnerillos Ayacucho”, tiene como objetivo: evaluar el efecto de la aplicación de 3 niveles de nitrógeno en la producción y calidad del forraje verde y su efecto de éste en el engorde de carnerillos. En el cultivo de FVH se estimó T1= 0, T2= 100 y T3 =200 ppm de nitrógeno; dónde se consideró 3 sistemas de alimentación: T1 más alimento balanceado ad-libitum; T2 más alimento balanceado ad-libitum y T3 más alimento balanceado ad-libitum en un tiempo de ocho semanas. El resultado final sobre el rendimiento de materia fresca promedio fue de T3 con 32,63 kg/m² mostrando el ANVA diferencia significativa, entre las dosis de nitrógeno en el rendimiento de FVH.¹⁶

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Forraje verde hidropónico (FVH)

El forraje verde hidropónico es el resultado de un proceso de germinación y crecimiento de semillas de cereales y leguminosas como: cebada, trigo, avena, alfalfa y trigo, etc., de alta sanidad y calidad de murientes (vitaminas y minerales) y contenido de humedad y producido muy rápidamente (9 a 15 días), con riegos de agua o soluciones nutritivas con el fin de proporcionarle los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento del forraje hidropónico, La producción se puede realizar en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica siempre y cuando se establezcan las condiciones necesarias para ello.^{17,18,22}

Producción de FVH es una disyuntiva en la productividad de forraje para luego suministrar como alimento a los animales como el cuy, conejos, cerdos, gallinas patos ,ovinos ,vacas, caballos y otros siendo muy apropiado su producción en la épocas de la disminuye el forraje verde.²²

2.2.2. Origen

El hombre desde el principio ha buscado la manera de satisfacer sus necesidades alimenticias analizando los recursos con que cuenta y sus restricciones, a lo cual ha buscado la manera de disminuir estas últimas, esto ha traído la aparición de técnicas de cultivo de plantas optimizando recursos. Los antiguos egipcios años antes de cristo describieron el cultivo de plantas en agua. Los babilonios con sus jardines colgantes desde hace 2,500 años mantenían el sistema hidropónico, luego la técnica se utilizó en los jardines flotantes de los Aztecas-México y de China Imperial y Cuba, donde se denomina organopónico (sin suelo). Los Incas como una manera de cuidar el agua realizaron un sistema

semi hidropónico. Estos son algunos ejemplos de los cultivos hidropónicos en la antigüedad.¹⁹

En el año 1600 el belga Helmont hizo experimentos para obtener nutrientes del agua por las plantas, mientras R. Boyle hizo experimentos de crecimientos de plantas en vasos. En 1699, John Wood Ward publicó sus experimentos de esta técnica con la menta verde. Luego en 1860 los alemanes Sachs y Knop siendo los primeros en hacer crecer las plantas en medio húmedo con solución nutritiva.²⁰

Durante la II guerra mundial los soldados norteamericanos instalaron en sus bases, en islas rocosas incultivables del Pacífico, sistemas hidropónicos para proporcionarles alimentos a las tropas en conflicto con Japón. Después de la segunda guerra mundial los militares continuaron utilizando la técnica y establecieron un proyecto de 22 hectáreas en la isla de Chofu en Japón. Desde 1950 la hidroponía comercial se extendió por el mundo, llegando a países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia, Holanda, adoptaron este sistema también.²⁰

Actualmente los países en la búsqueda de solucionar sus problemas de deterioro del suelo en las zonas de producción, debido a un agotamiento de los recursos y contaminación, ha optado por el cultivo hidropónico como parte de la solución a dichos problemas.¹⁹

2.2.3. Hidroponía

La hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. Se puede cultivar en estructuras simples o complejas se puede producir principalmente plantas de tipo herbácea en áreas como azoteas, suelos infértiles, invernaderos, etc. Con sustratos como soluciones nutritivas, en un ambiente adecuado de temperatura, humedad, agua, luz y nutrientes. La palabra hidroponía proviene del griego Hidro (agua) y Ponos (labor o trabajo) que significa trabajo en agua.^{20,5}

2.2.4. Factores que influyen en producción de Forraje Verde Hidropónico

- **Calidad de semilla.** Para la buena productividad de FVH se debe iniciar con una buena elección de semillas, tanto en calidad genética y fisiológica. Las semillas deben presentar un porcentaje de germinación como mínimo no menor de 75% para evitar pérdidas en la producción del FVH. Al usar semillas baratas o desconocidas, puede conllevar a una pérdida económicas posteriores se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación.²³

- **Iluminación.** La presencia de luz es importante para la fotosíntesis sin ella es afectada negativamente en el crecimiento de la planta influyendo en el rendimiento final. Un invernadero con 50% de sombra es suficiente para la producción de FVH ¹⁸

Durante la germinación de las semillas, no es deseable la presencia de la luz por lo que se mantiene en oscuridad o sombreada, hasta el tercer o cuarto día, luego la bandeja se deberá exponer a una luz muy ligera con riego oportuno para la aparición de los brotes y el desarrollo de las raíces. Desde el día tres o cuatro se deberá iniciar el riego con solución nutritiva y exhibir las bandejas a la incidencia de luz muy uniforme, evitando a la exposición de la luz directa ya que conlleva a consecuencias negativas como al aumento de evapotranspiración, endurecimiento de las hojas.²³

- **Temperatura.** Son las variables más importantes en FVH. El rango óptimo para producir FVH se encuentra entre los 18°C y 26°C. Aunque la variabilidad de temperaturas óptimas para la germinación de semillas y posterior crecimiento en FVH son distintos, como las semillas de avena, cebada y trigo, que necesitan temperaturas bajas para poder germinar entre los 18°C y 21°C. Pero el maíz requiere de temperaturas mayores que oscilen entre los 25°C y 28°C.²³

Es importante que esté instalado en un invernadero un termómetro de máxima y mínima, el cual pueda ayudar a llevar el control diario de temperaturas para detectar los posibles problemas debido a variaciones de temperatura.²³

- **Humedad.** La humedad relativa en el interior del invernadero es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar problemas fitosanitarios fundamentalmente de enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos. La excesiva ventilación y baja humedad relativa, provoca un ambiente seco y disminución significativa de la producción por deshidratación del forraje.^{18,23}
- **Calidad de agua de riego.** Es otro factor muy importante para la producción de FVH, el cual debe ser potable, si el agua disponible no es potable, puede traer serias consecuencias sanitarias, por lo que es necesario hacer un análisis microbiológico para su uso confiable.²²

Es recomendable realizar un análisis químico al agua que se va utilizar, para formular en base a ello la solución nutritiva, y así también evaluar el tipo de tratamiento para asegurar su calidad del agua. ¹⁸

- **PH del agua.** Preferentemente debe estar entre 5,2 y 7, excepto en leguminosas que pueden crecer hasta 7,5 de p H. Los demás semillas como los seriales generalmente en FVH, no se comportan eficientes por encima del valor 7. ²³
- **Conductividad eléctrica del agua y de solución nutritiva.** Para la producción de FVH la cantidad de sal en la solución debe estar entre 2 a 5 dSm⁻¹, por lo que el agua debe presentar el cantidad de sales menores a 1 dSm⁻¹. ¹⁸

2.2.5. Ventajas y desventajas del sistema Forraje Verde Hidropónico

Ventajas

- **Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua se minimizan por escurrimiento superficial, evapotranspiración, infiltración en comparación a las condiciones de la producción convencional del forraje. ^{17,22}
- **Menor costo de producción y eficiencia en el uso del espacio.** El costo de producción de FVH es 10 veces menor a comparación de la producción de cualquier forraje en campo abierto. El sistema puede ser construido en forma modular para así ganar más espacios al estar ubicados de forma vertical. ²²
- **Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH es apto para suplementación animal en un ciclo de 10 a 14 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos la cosecha se realiza a los 15 a 25 días, el óptimo para la cosecha de FVH es a los 12 días, definido por varios estudios realizados por científicos ,a partir del cual empieza a disminuir el valor nutritivo. ^{22,17}
- **Calidad de forraje para los animales.** El FVH es un alimento succulento, de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (depende del periodo de crecimiento). El valor nutritivo viene de la germinación de semillas Ya que es rico en vitamina A y E, carotenos, hierros, calcio y fósforos, su digestibilidad es muy alta por la presencia de lignina y celulosa es escasa. ^{22,17}
- **Inocuidad.** El FVH es inocuo, limpio y libre de hongos e insectos y los animales no ingieren hierbas indeseables que puede generar dificultades en el metabolismo. ^{22,17}

Desventajas

- **Desinformación y falta de capacidad.** Es necesario tener conocimiento básico de cómo funciona el sistema de FVH y cuáles son las exigencias del sistema, de la especie forrajera y sus variedades su comportamiento plagas, enfermedades, requerimiento de agua, nutrientes, condiciones de luz, temperatura, humedad relativa, etc. La producción de FVH es un trabajo continuo y exigente en cuidados diariamente, lo cual implica compromiso concreto del productor.¹⁸
- **Costos de instalación.** La implementación de infraestructura y equipos para la producción de FVH implica un costo inicial considerable.¹⁸
- **Bajo contenido de materia seca.** En general el FVH contiene bajo contenido de materia seca, se puede resolver agregando diversos rastrojos o alimentos concentrados para complementar la ración en la alimentación.¹⁸

2.2.6. Proceso de producción de Forraje Verde Hidropónico

- **Elección de las especies utilizadas en FVH.** La elección de la semilla depende de la disponibilidad local y el precio, En general se utilizan semillas de cebada, trigo, avena, maíz etc.¹⁷
Elección de semillas de alfalfa para producción de FVH no es eficaz como las semillas de las gramíneas, porque el manejo del alfalfa es muy delicado y el volumen obtenido es similar a la producción convencional.^{8,22}
- **Selección de semillas.** Para la producción de FVH se debe utilizar semillas de buena calidad, origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Las semillas deben encontrarse libres de piedras, pajas, tierras, semillas partidas, semillas de otras plantas que podrían ser fuente de contaminación, y es importante conocer que no hayan sido tratadas con agroquímicos. Es por lo que no se debe emplear para producción de FVH las semillas certificadas ya que tienen un tratamiento con fungicidas e insecticidas, a pesar de que favorece en la germinación, tiene un inconveniente, los residuos de pesticidas pueden generar problemas en la alimentación del ganado. Por lo que se recomienda cultivar semillas de F2.¹⁸
- **Lavado y desinfección de semillas.** La semilla se desinfecta agregando hipoclorito de sodio al 1% (equivalente a 10 ml) para un litro de agua. En la solución se debe sumergir las semillas durante un tiempo de 1 a 2 minutos.^{17,23}

Mantener sumergida las semillas por más tiempo en la solución puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando grandes pérdidas de tiempo y dinero. Una vez terminada la desinfección se procede a enjuagar las semillas de manera vigorosa con agua limpia.¹⁸

- **Pre germinación (remojo de las semillas).** Luego de ser desinfectada e enjuagar las semillas, éstas se sumergen en agua limpia por un tiempo de 24 hr, en 2 etapas de 12 horas cada uno, considerando una hora para el oreado entre las 2 etapas .¹⁷ Para acelerar la rápida germinación de las semillas, asegurando una germinación uniforme del FVH.¹⁸
- **Siembra y densidad.** La semilla semi germinadas se coloca en las bandejas previamente perforadas en uno de los extremos para impedir la acumulación de agua. Las bandejas se deben colocarse en un lugar con temperatura y ausencia de luz para favorecer la germinación.¹⁷
La cantidad de siembra depende del recipiente que se va utilizar pero la altura de la cama de siembra no debe exceder de 1,5 cm, importante no dejar espacios vacíos en la bandeja .^{18,22}
- **Ubicación de bandejas en estanterías.** Las estanterías deben estar diseñados de forma vertical, suficientemente fuertes para soportar el peso de las bandejas conjuntamente con las semillas y que facilite la aireación, luminosidad, temperatura y debe tener una declinación de 4°(3 cm) para facilitar el escurrimiento del agua.¹⁷
- **Riego.** Se debe realizarse a las bandejas de crecimiento del FVH solamente por micro aspersión, nebulización y por pulverización o mochila a mano. El riego por inundación no es recomendable porque el exceso de agua estimula la asfixia de la raíz, ataque de hongos y pudrición que puede causar pérdida total del cultivo. La cantidad de agua de riego se debe suministrar de acuerdo al requerimiento de la planta y de acuerdo a la condición del ambiente del invernadero de producción de FVH. ²³
- **Cosecha.** De FVH se hace cuando el forraje alcanzó una altura de 20 a 25 cm, juntando el total de biomasa que se encuentra en la bandeja, para luego alimentar a los animales.¹⁷

2.2.7. Vivero

El vivero debe construirse según el requerimiento del forraje que se desee producir. Se sabe que 4 m² es suficiente para producir 15 kg por día el forraje .²³

La ubicación debe estar cerca al establo para facilitar la alimentación del forraje a los ganados, control y supervisión constante, dependerá de la funcionalidad de las instalaciones de agua y luz. En climas fríos a de construirse invernaderos herméticos y con doble pared de plástico.²³

2.2.8. Los Microorganismos Eficaces (EM)

Los EM son una mezcla de 3 grupos de microorganismos benéficos completamente naturales ,que se puede encontrar en el alimentos y suelo.²⁴

El EM posee:

- **Bacterias fotosintéticas** (*Rhodospseudomonas spp.*). Éstas bacterias son a autosuficientes e independientes ya que tienen la capacidad de sintetizar sustancias útiles de la secreción de las raíces, materia orgánica, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias benéficas producidas como las sustancias bioactivas, azúcares, aminoácidos, ácidos nucleicos, son utilizadas directamente por las plantas para su el crecimiento y desarrollo, también actúan como sustrato para el crecimiento de las bacterias fotosintéticas, aumentando la cantidad de otros microorganismos eficaces. Las bacterias fotosintéticas se le considera como el núcleo del EM .La actividad de éstas bacterias refuerzan la actividad de otros microorganismos ^{24,25}
- **Bacterias ácido lácticas** (*Lactobacillus spp.*). Las bacterias producen ácido láctico a partir de azucares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador natural que tiene la capacidad de suprimir microorganismos patógenos y acelera la descomposición de la materia orgánica, de igual manera promueve la fermentación de compuestos como lignina y celulosa. Las bacterias acido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.^{24,25}
- **Levaduras** (*Saccharomyces spp.*). Las levaduras sintetizan sustancias como hormonas y enzimas útiles que necesitan las plantas para su crecimiento. Éstas secreciones también son sustrato para el EM como las bacterias acido lácticas y actinomicetos. Éstos microorganismos mencionados anteriormente coexisten y prosperan juntos .Mientras que las bacterias fotosintéticas sirven de sustrato para las levaduras y bacterias ácido lácticas, al mismo tiempo las levaduras y las bacterias ácido lácticas producen sustancias que sirve para el desarrollo de las bacterias Fototróficas.²⁴

2.2.9. Modo de acción de los microorganismos eficaces (EM)

Los distintos tipos de microorganismos eficaces en el EM, toman la materia producida por otros microorganismos asentando en su funcionamiento y desarrollo. Mientras que las plantas secretan sustancias útiles para luego ser aprovechado por los microorganismos eficaces para que pueda crecer y fabricar aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los EM aumentan su población, en un medio que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo los ecosistemas microbiales, disminuyendo microorganismos patógenos.²⁶

Por la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición del EM, tiene la funcionalidad de neutralizar los malos olores y prevenirlos. Se puede emplear el EM en baños, graserías, cocinas, habitaciones con mal olor a humedad, etc.²⁴

Las bacterias ácido lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica, por lo que el EM disminuye el tiempo de compostaje. a la vez ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas

Mientras las levaduras producen sustancias que actúan como hormonas naturales que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas.²⁴

El EM posee ventajas totalmente seguros con respecto a los insecticidas y no tiene ningún tipo de riesgo de intoxicación, lo que le hace especial para aplicar en lugares donde se manipulan alimentos, frecuenten niños o personas irresponsables.²⁴

2.2.10. Importancia de los Microorganismos Eficaces (EM)

En las plantas

- Aumenta la posibilidad la posibilidad de supervivencia de las plantas
- Produce mecanismo de supresión en las plantas de las enfermedades e insectos, incitando resistencia de las plantas a enfermedades.
- Toma exudados de todas partes de la planta, para evitar la propagación de patógenos que puede generar enfermedades
- Aumenta la productividad de los cultivos en crecimiento y calidad
- Por efectos hormonales en zonas meristemáticas estimula la floración, fructificación y maduración de la planta
- Por medio de un desarrollo foliar aumenta la capacidad fotosintética.²⁶

En suelos

Su efecto del EM en los suelos están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así se puede mencionar sus efectos

Mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua.²⁶

En semilleros

- Presenta hormona similar al ácido giberélico que incrementa la germinación de las semillas.
- Incrementa el vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de la plántula, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incrementa la supervivencia de las plantas ²⁶

2.2.11. Aplicaciones de los Microorganismos Eficaces (EM)

- a. EM para la agricultura.** El uso del EM está supeditado de acuerdo a la región, clima, calidad de la tierra, tipo de cultivo, cosechas y otros factores .²⁵
- b. EM para la actividad pesquera.** El EM es beneficioso en la actividad pesquera ,la comida de los peces se fermenta con EM antes de alimentarlos ²⁵
- c. EM para aves de corral.** Los alimentos se fermentan con EM antes de suministrarlos a las aves .²⁵
- d. EM para para el tratamiento de agua contaminada.** Por lo general el agua contaminada se encuentra a niveles altos de BOO, COD, pH, *E .Coli* y otros contaminantes .Antes de usar el EM ,se recomienda evaluar las propiedades del agua.²⁵
- e. EM para reciclar desechos sólidos.** Se pueden reciclar los desechos sólidos y la basura de cocina para hacer fertilizantes con EM el olor de los desechos se pueden eliminar rápidamente convirtiendo en productos inofensivos y útiles ,descomponiendo los desechos únicamente 4 a 6 semanas .²⁶
- f. EM en la vida.** El EM se utiliza en la vida diaria como en servicios sanitarios, baños, cocinas para eliminar olores desagradables y proteger de los hongos.²⁵

2.2.12. Medios que se utilizan para aplicar el EM

- **EM o solución madre.** Se le nombra de diferentes formas, por ejemplo, EM Solución Madre, EM Original, EM Básico, EM Concentrado, etc. pero está uniformado su nombre solo EM -1. Viene únicamente en forma líquida y posee microorganismos útiles y seguros. El EM-1 se encuentra en estado latente, para conservar a largo plazo; por tanto, antes de usarlos, se debe activarlos, es decir obtener producto secundario de EM (EM Activado=EMA), el cuál puede obtener mayor cantidad de población de microorganismos benéficos y puede minimizar también el costo.^{24,25,27}
- **Microorganismos eficaces activados (EM-A).** Es el preparado más utilizado, producido al mezclar 5% de EM con 5% de melaza y 90 % de agua limpia declorada. Ésta mezcla es mantenida a una temperatura constante de unos 30°C en un contenedor sellado durante 7-15 días. Luego se debe comprobar el PH de EM-A. Si el p H está por debajo de 3,5 y el olor es agrídulce quiere decir que el proceso de fermentación del EM se ha realizado. Durante la fermentación, y a partir del 2º día, se produce gas. Es necesario eliminar el exceso abriendo el recipiente apenas lo suficiente para extraerlo. Se debe extraer el gas cada vez que sea necesario.^{22,25,27}

2.2.13. Ingredientes para elaboración microorganismos eficaces activados (EM-A)

Las proporciones a utilizar son las siguientes:²⁵

- a. EM solución madre en proporción de 3 a 5%**
- b. Melaza de caña en proporción 3 a 5%**, sin conservantes.
- c. Agua en proporción 90%**, declorada.

Estos ingredientes deben colocarse en un recipiente de plástico hermético, manteniendo una temperatura de 25 °C y 37 °C, con el recipiente fermentador.

2.2.12. Biomasa

Se puede definir la biomasa como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica que puede ser convertida en energía. Éste término hace referencia a toda materia orgánica originada de forma inmediata en un proceso biológico, espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía.^{28,29}

La biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas.²³

La masa total es la materia que forma el organismo, una población o un ecosistema y tiende a mantenerse más o menos constante. Por lo general, se da en unidades de masa por cada unidad de superficie. Es frecuente medir la materia seca (excluyendo el agua).^{28,30}

2.13. Altura de la planta

Herbácea. Para estas especies se debe medir la altura de la parte vegetativa de la planta. Pero más seguro la medición desde la parte reproductiva. Otros autores, indican que es necesario registrar la máxima altura de la copa, y usan arbitrariamente el largo de las hojas que mide dos tercios de la hoja más larga como tope para estimar la posición de la transición entre el crecimiento vegetativo y reproductivo.³⁰

2.14. La raíz

Es la parte inferior del eje de la planta, por lo general está enterrado en el suelo, aunque hay raíces que crecen en el aire o en el agua. Al conjunto de las raíces se le denomina masa radicular. Por lo general la raíz se ramifica bajo el suelo diferenciándose raíces primarias y raíces secundarios. La principal función de las raíces es fijar la planta al suelo y absorber agua y sales minerales y conducir los nutrientes y acumular sustancias de reserva.³²

2.15. Área foliar

Es la medida para estimar el tamaño de la hoja y se define como cómo el área proyectada de una cara de la hoja individual expresada en m².³⁰

2.16. Rendimiento

Es la cantidad media del producto agrícola obtenida por unidad de superficie cultivada y/o cosechada y se expresa en kilogramos por hectárea.^{33 34}

2.17. Clasificación taxonómica

a. Taxonomía de la cebada

La clasificación taxonómica de la cebada es la siguiente:⁷

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: Hordeum
Especie	: <i>Hordeum vulgare</i>

Morfología

La cebada pertenece a la familia Poaceae.⁷

Raíz: Es fibroso y fasciculado, alcanza poca profundidad en comparación a otros seriales. SE estima que un 60% del peso de las raíces se encuentran en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1,20 m. de profundidad.

Tallo: Es erecto, grueso, formado por unos seis y ocho entrenudos, los cuáles son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. Las alturas del tallo oscilan desde 0,50 cm a un metro.

Hojas: Posee hojas estrechas de color verde claro que del trigo.

Flores: Presenta 3 estambres y un pistilo de 2 estigmas. Son autógena, las flores abren después de realizarse la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.

Fruto: Es en forma de cariósipide, con las glumillas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda.

b. Taxonomía de Trigo

El trigo se clasifica.³⁵

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: Triticum
Especie	: <i>Triticum aestivum</i>

Morfología

El trigo es una planta perteneciente al género Triticum, de la familia de las Poaceae. Es una planta anual y monocotiledónea.³⁵

Raíz: Las raíces son fasciculadas y suelen llegar a medir más de un metro, aunque en torno al 50% de las raíces se encuentran en los primeros 25 cm del suelo. La densidad de las raíces varía según el tipo de cultivo de trigo, en seco las raíces tienen menos densidad, que en regadío.

Tallo: Presenta un tallo recto y cilíndrico, poco ramificado y hueco por lo general posee 6 nudos y su longitud se encuentra entre 60 y 1,20 cm, aunque varía según la especie de trigo.

Hojas: Son alargadas rectas, paralelinervias y termina en punta, con longitud de 15 a 25 cm. Cada planta presenta 4 a 6 hojas. En cada nudo nace una hoja, éstas componen de vaina y limbo.

Flores: Cada flor está formada por 3 estambres y por 2 estigmas plumosos que nacen directamente del ovario, en la base del ovario nacen dos estructuras llamadas glumélulas, éstas estructuras están protegidas por 2 brácteas del antecio (lemma, la más externa y pálea, la más interna). El trigo es una planta autógena.

Grano: Es de forma ovoide con una ranura en la parte ventral. El grano está protegido por pericarpio, y el resto del grano está formado por el endospermo, que contiene sustancias de reserva, forma la masa principal del grano.

c. Taxonomía de maíz

La clasificación, se reporta según Cabrerizo (2012). citado por Guacho (2014) ³⁶

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Liliopsida
Orden : Poales
Familia : Poaceae
Género : Zea
Especie : *Zea mays*

Morfología

Según Maroto (1998) citado por Guacho (2014) el maíz presenta las siguientes características.³⁶

Raíces: Son de forma fasciculada, su función es sostenerse al suelo. En algunos casos sobresalen unos nudos que suele ocurrir en aquellas raíces secundarios o adventicias.

Tallo: Presenta una estructura simple y erecto en forma de caña, presenta una longitud elevada alcanzando hasta cuatro metros. de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones

Hojas: Poseen hojas largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. presenta vellosidades en el has, y los extremos de las hojas son afiladas y cortantes

Inflorescencia: Es una planta monoica presentan inflorescencias masculinas y femeninas separados dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula de color amarilla que presenta entre 20 a 25 millones de granos de

polen, además cada flor que compone la panícula contiene 3 estambres donde se desarrolla el polen. Mientras que la inflorescencia femenina es fecundada por los granos de polen se le llama mazorcas, aquí se encuentran las semillas agrupadas a lo largo de un eje, ésta mazorca se encuentra cubierta por unas hojitas de color verde terminando, en una especie de peinado de color amarillo oscuro, formado por estilos

Grano: La cubierta de la semilla se llama pericarpio, el cuál es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), posee proteínas y en su interior se encuentra el endospermo con 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula

2.17.1. Valor nutricional de forraje verde hidropónico

Tabla 1: Composición nutricional de Forraje Verde Hidropónico de la cebada

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Proteína	20	%
Energía	2,900	K cal
Grasa	3,9	%
Vitamina C	200	Mg kg

Fuente: FAO (2001)²²

Tabla 1: Composición nutricional de Forraje Verde Hidropónico de trigo

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Proteína cruda	22	%
Fibra detergente neutro	39	%
Fibra detergente ácido	16	%
Materia seca	25	%

Fuente: FAO (2001)²²

Tabla 2: Composición nutricional de Forraje Verde Hidropónico de maíz

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Proteína	18.80	%
Energía	3216	K cal.
Digestibilidad	83	%
Proteína Digestible	90	%

Fuente: Gómez (2007)³⁷

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Botánica de la Escuela de Biología, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y en el vivero de la empresa Ecopesa EIRL, ubicado en el Distrito Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga; en el periodo de julio a agosto del 2019.

3.1.1. Ubicación política

Lugar : Empresa Ecopesa EIRL
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray.
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

3.1.2. Coordenadas proyectadas UTM

Altitud : 2737m.s.n.m.
Latitud : 13° 10 ' 43 " S
Longitud : 74 °11 '20 " O

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

El total de la población fue de 84 bandejas las mismas que se identificaron por el color, de acuerdo a los tratamientos, empleando lotes de 5,8 Kg de semillas de *Triticum aestivum* "trigo", *Hordeum vulgare* "cebada" y *Zea mays* "maíz", y 200 g por bandeja.

3.2.2. Muestra

Cada bandeja conteniendo 200 g de semillas para la producción de FVH.

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con tres tratamientos, un control y siete repeticiones; aleatoriamente se asignaron los tratamientos a las unidades experimentales previamente agrupadas por el color. Se colocó a

cada grupo un letrero en donde se identificó y describió los tratamientos respectivos ⁶.

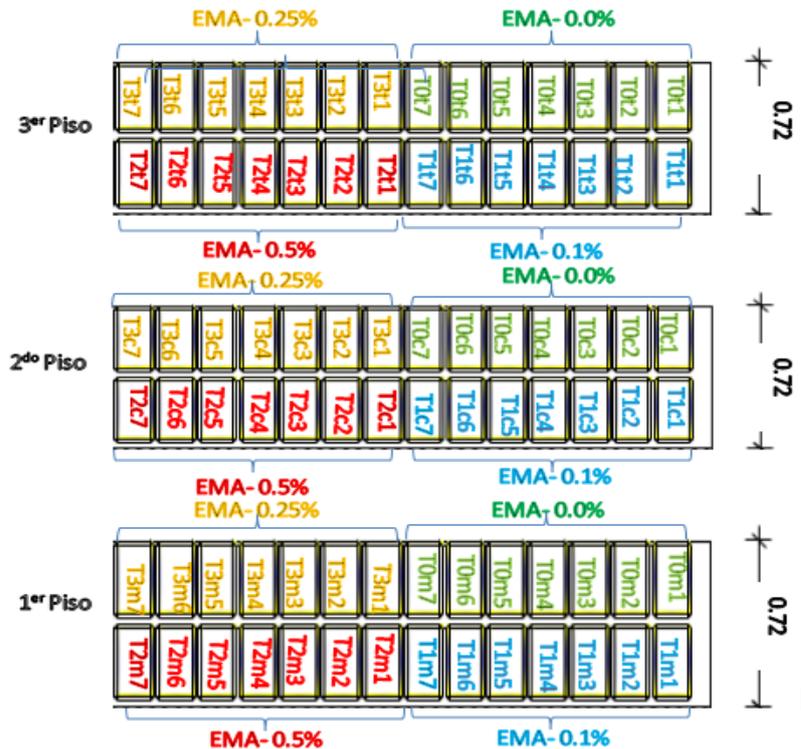
Azul : Tratamiento 1= EM-A 0,1 %

Amarillo : Tratamiento 2= EM-A 0,25 %

Rojo : Tratamiento 3= EM-A 0,5 %

Verde : Tratamiento (testigo)= EM-A 0,0 %

Tabla 3: Croquis del diseño experimental y los tratamientos



3.3. Metodología y recolección de datos

3.3.1. Descripción de instalaciones

El vivero tuvo una superficie de 30 m² (6 x 5 m). Las estructuras de soporte de las bandejas fueron estanterías metálicas, con una dimensión de 1,20 m de alto x4 m. de largo por 0,72 m. de ancho, dispuestas en 3 pisos, la distancia entre pisos fue de 40 cm. Cada estantería tuvo 28 bandejas de plástico, 14 por cada lado; las bandejas tuvieron una dimensión de 25 x 34 cm, haciendo un área por bandeja de 0,0850 m², con una profundidad de 5 cm, a cada bandeja se le hizo 6 perforaciones para facilitar el drenaje. ⁶

3.3.2. Activación del EM (EM-1)

El EM -1 es un concentrado de microorganismos que se encuentra en estado latente, que necesita ser activado para su posterior uso en las diferentes aplicaciones del EM.

PROPORCIÓN: Para un contenedor de 20 litros:

1 Litro de EM-1

1 Litro de Melaza de caña

18 Litros de agua libre de cloro, para que el cloro se volatilice se dejó 24 horas en un recipiente abierto.

1 litro de EM-1 rinde 20 litros de EM-A

En el Manual práctico de uso de EM²⁴ se precisa el procedimiento para la activación del EM, procediendo de la siguiente forma:

- a) Se decloró el agua por 24 horas en un recipiente abierto
- b) Después se debe calentar el agua a 5 °C.
- c) Luego se añadió la mezcla en una olla y se procede a la mezcla con una cantidad más o menos similar del agua caliente para que se diluya fácilmente. Luego se calentó la mezcla de melaza y agua y se mantuvo durante 20 minutos a una temperatura de 60 °C hasta que llegue a los 80 °C
- d) Posteriormente se vertió a un recipiente, el agua caliente, la mezcla de melaza y agua y por último el EM-1. Se cerró herméticamente y se mantuvo por 10 días a una temperatura entre 25 y 40 °C. Se abrió el recipiente a los 5 días para que escapen los gases producidos por la fermentación. El producto al final de este período presentó un olor agridulce con pH menor a 3.8. Esto se comprobó con una tira marcadora de pH. A partir de ese instante el EM Activado está listo para su posterior uso

Luego de este proceso, se denomina EM Activado (EM-A), se conservó en lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente y se cuidó su uso hasta antes de los 60 días de ser activado, de lo contrario pierde su actividad.²⁵

3.3.3. Dilución del microorganismo eficiente activado (EM-A)

Se empleó el siguiente protocolo:

- a) Se tomó 20 litros del EM-A, el cual representa el 100%.
- b) Para obtener 0,1% de EM-A, se diluyó 0,02 litros de EM-A + 19,98 litros de agua declorada en un envase de 20 litros.
- c) Para obtener 0,5% de EM-A, se diluyó 0,05 litros de EM-A + 19,95 litros de agua declorada en un envase de 20 litros.
- d) Para obtener 0,25% de EM-A, se diluyó 0,1 litros de EM-A + 19,9 litros de agua declorada en un envase de 20 litros.
- e) Testigo, solo contenía agua declorada.

3.3.4. Prueba de porcentaje de germinación

Se realizó las pruebas en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, con el siguiente protocolo: ³⁸

- a) Se extrajo una muestra de un lote de semilla que se empleó en los diferentes cultivos.
- b) De la muestra, se extrajo 300 semillas de cebada, trigo y maíz sin escogerlas (un total de 900 semillas).
- c) Se agrupó tres grupos de 100 semillas cada uno (cebada, trigo y maíz).
- e) Se sembró los tres grupos de 100 semillas en placa Petri. Cada grupo se ha rotulado para su fácil identificación.
- f) Las repeticiones se prepararon del mismo modo y se dejó a temperatura ambiente 20°C, verificando diariamente la humedad y proporcionándola cuando ésta fuera necesaria.
- g) Se regó diariamente.
- h) Las plántulas comenzaron a emerger de 2 a 3 días después de sembradas.
- i) Se realizó los conteos, los días 3, 5 y 7 de haber puesto a germinar.

El porcentaje de germinación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Promedio de las semillas germinadas}}{\# \text{ de semillas sembradas}} \times 100$$

3.3.5. Selección y preparación de semillas

Se emplearon semillas de cebada, trigo y maíz, siendo el procedimiento similar para todos, cumpliendo con los siguientes pasos:

- a) Se pesó las semillas de cebada, trigo y maíz en seco, un total de 6,00 kg.
- b) Luego se colocaron en baldes, inundando las semillas con el fin de retirar todo el material que flote como semillas no viables y restos sólidos.
- c) Todo el material sobrenadante se dejó secar por 48 horas, luego se pesó y obtuvo la diferencia.
- d) Se sumergieron las semillas frescas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos para eliminar microorganismos, luego se enjuagó con agua pura.

3.3.6. Pre-germinación

- a) Se inundó las semillas durante 4 horas, posteriormente se drenó el agua y se dejó reposar dentro de un saquillo mojado y limpio por 5 horas.
- d) Se tomó semillas húmedas, colocando 234 g (equivalente a 200 g de semilla seca) por bandeja de 0,0850 m².

c) Cada bandeja se tapó con una hoja de periódico y sobre ésta una funda de polietileno, dejándolas así tapadas por 5 días.⁶

3.3.7. Siembra

Se colocó la semilla en las bandejas desde la pre germinación, manteniendo la disposición de especies y tratamientos.

3.3.8. Riego

El riego se aplicó con un spray utilizando EM-A hasta humedecer uniformemente las semillas a partir del primer día de crecimiento, es decir al cuarto día desde que se colocó las semillas en las bandejas. Se regó dos veces al día sin encharcar las bandejas, cuidando que la semilla permanezca húmeda, el primer riego fue por la mañana, entre las 6 y las 10 a.m. y el segundo riego por la tarde, entre las 5 y las 7 p.m.; esta acción fue permanente en los 21 días de crecimiento. En días calurosos se aumentó la frecuencia de riego para evitar que las plantas se quemen, debido a que el proceso de evaporación es más violento.¹⁷

3.3.9. Descripción de los tratamientos

Cada tratamiento consistió en siete bandejas con 234 g de semilla húmeda pre germinado, las mismas que a partir del brote de las primeras hojas (al 4º día de crecimiento) se fertilizaron con las soluciones de EM y posteriormente cada 2 días hasta completar su ciclo productivo, bajo el siguiente detalle :⁶

Tratamiento 0: EM-A al 0,0 % (testigo)

Tratamiento 1: EM-A al 0,1 %.

Tratamiento 2: EM-A al 0,25%.

Tratamiento 3: EM-A al 0,5%.

3.3.10. Altura de las plantas

Se realizó mediciones de la altura de las plantas en cada tratamiento y unidades experimentales (UE), tomando aleatoriamente siete plantas, luego se midió con una regla desde la parte vegetativa del cuello al ápice, expresada en centímetros, ésta característica se evaluó hasta llegar a su mayor crecimiento bajo el sistema de producción hidropónico, culminando el día 21.⁶

3.3.11. Desarrollo de la masa radicular

Se realizó la medición de longitud de las raicillas hasta la parte vegetativa del cuello de la planta, esta medición se realizó en siete zonas de cada bandeja y se expresa en centímetros.

3.3.12. Área foliar

Se midió el índice de área foliar en promedio de siete plantas de cada tratamiento tomadas al azar medidas desde la parte aérea de la planta hasta donde abarca sus macollas.

3.3.13. Determinación de biomasa

Se levantó las bandejas a los 21 días de crecimiento, tomando cuatro al azar por cada tratamiento, Se dejó orear las plantas por 15 horas para luego pesar todo el forraje contenido en cada bandeja (0,0850 m²), luego se calculó la biomasa de cuatro bandejas de cada tratamiento y el promedio por m².⁶

3.3.14. Determinación del rendimiento en kg/m²

Para determinar el rendimiento de forraje verde hidropónico, que se expresa por kg/m² de área, se realizó la conversión por extrapolación de los datos obtenidos para la biomasa.

3.4. Tipo de investigación

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

3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se tabularon en el Excel, posteriormente se organizaron en tablas y gráficos, también se realizó el ANVA a fin de establecer la significancia de los tratamientos, si el caso ameritaba, se efectuó la prueba de comparación múltiple de Duncan para establecer la diferencia entre los tratamiento.

IV. RESULTADOS

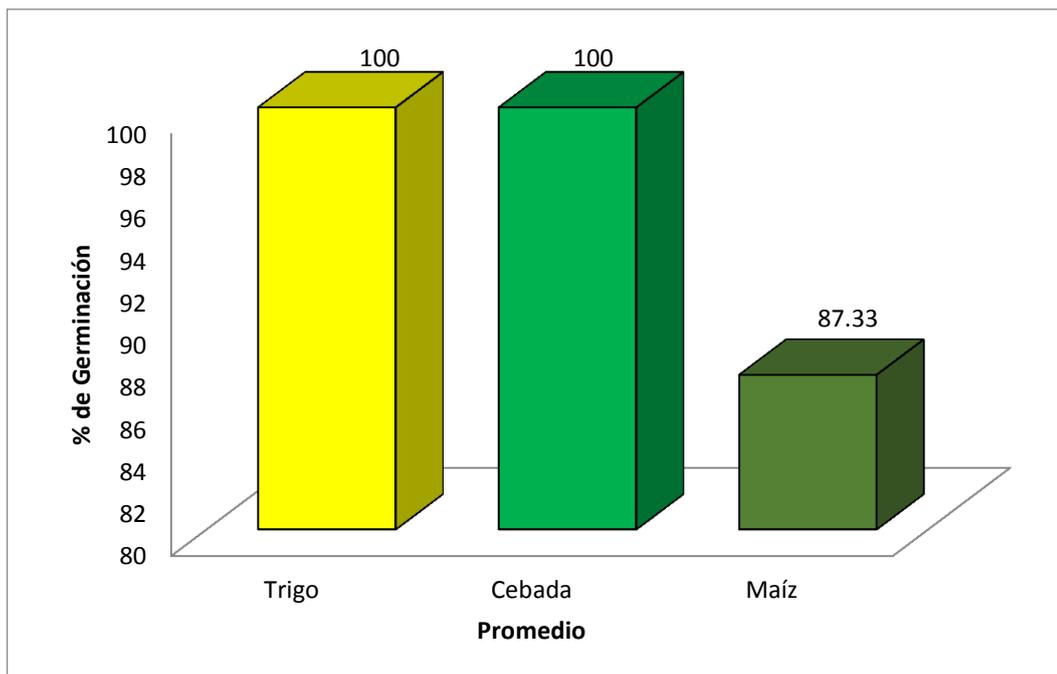
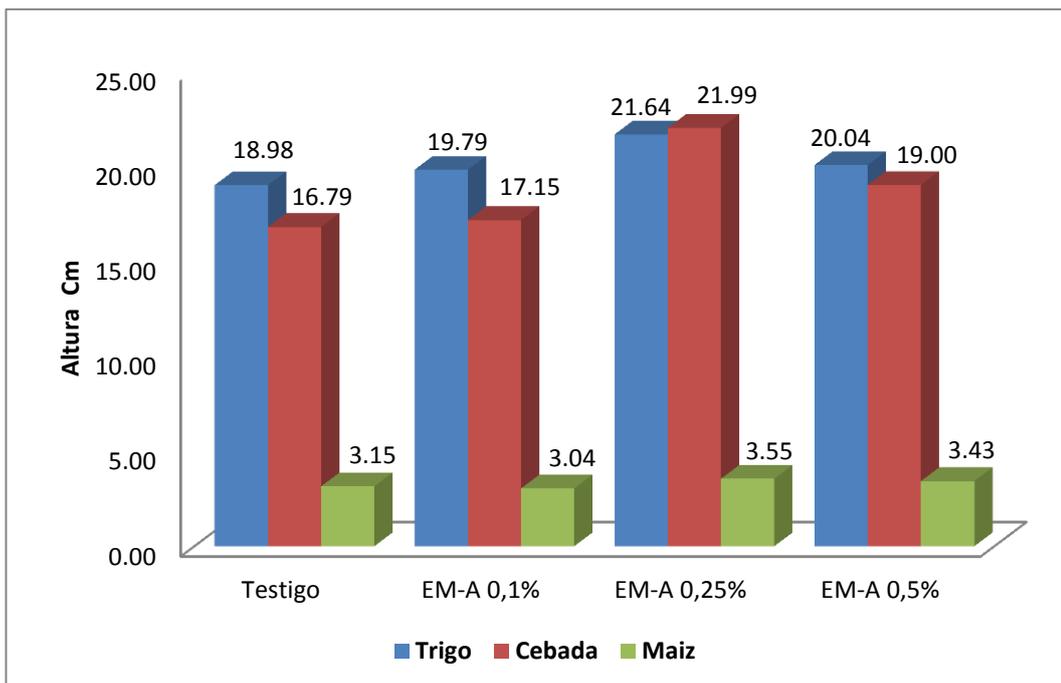
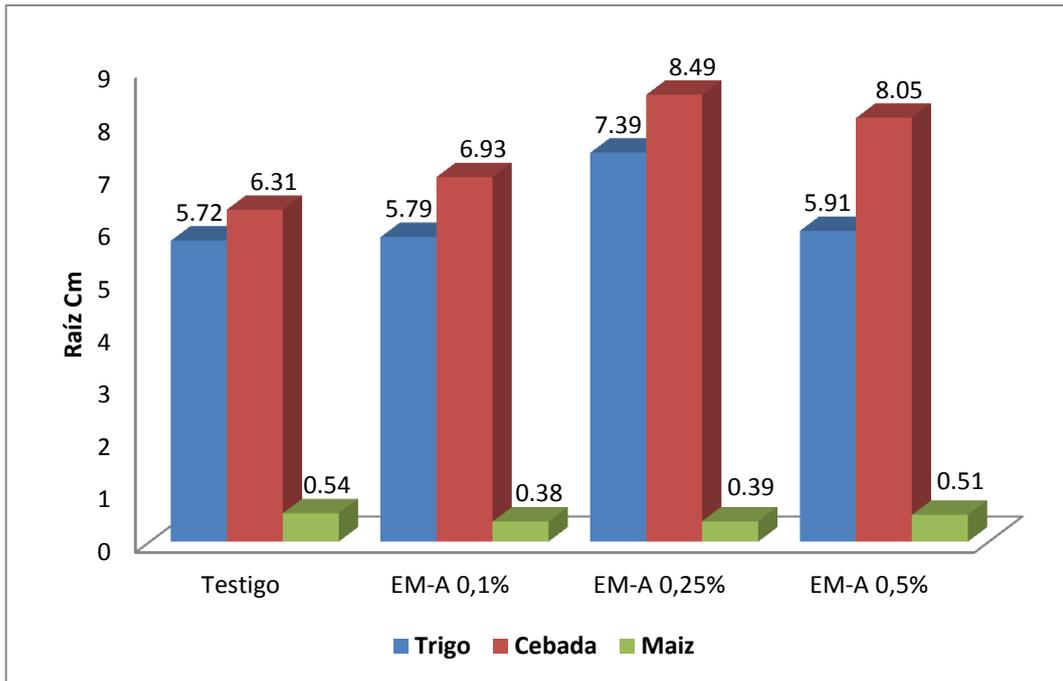


Figura 1: Porcentaje de germinación promedio de semillas de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.



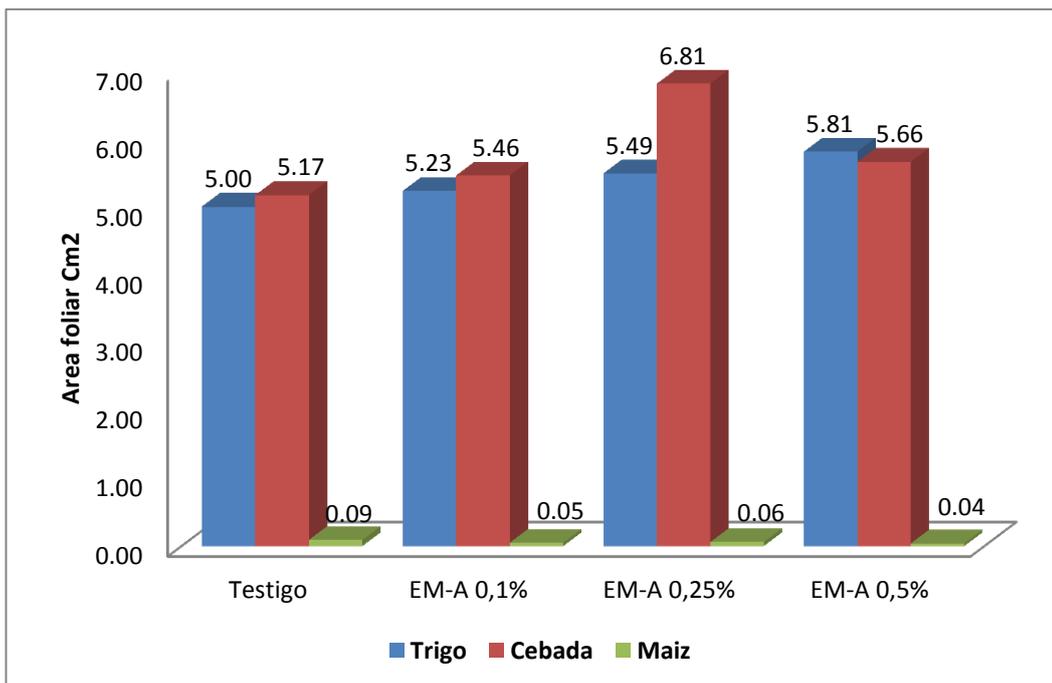
$F_c = 351,66$ $F_{0.05} = 1,92$

Figura 2: Altura promedio (cm) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.



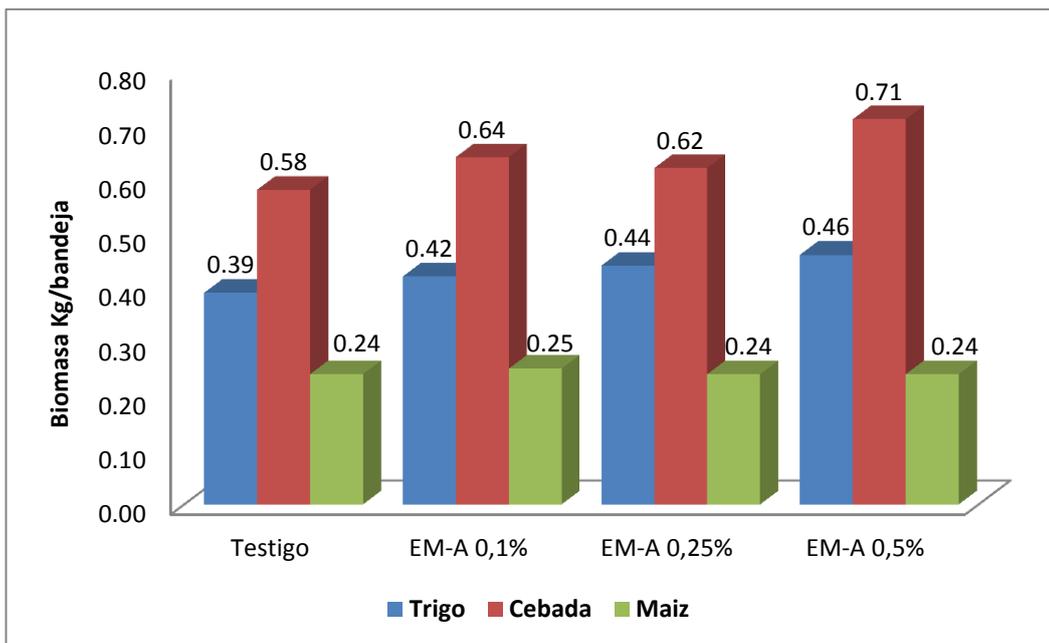
$F_c = 186,37$ $F_{0,05} = 1,92$

Figura 3: Tamaño de la raíz promedio (cm) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.



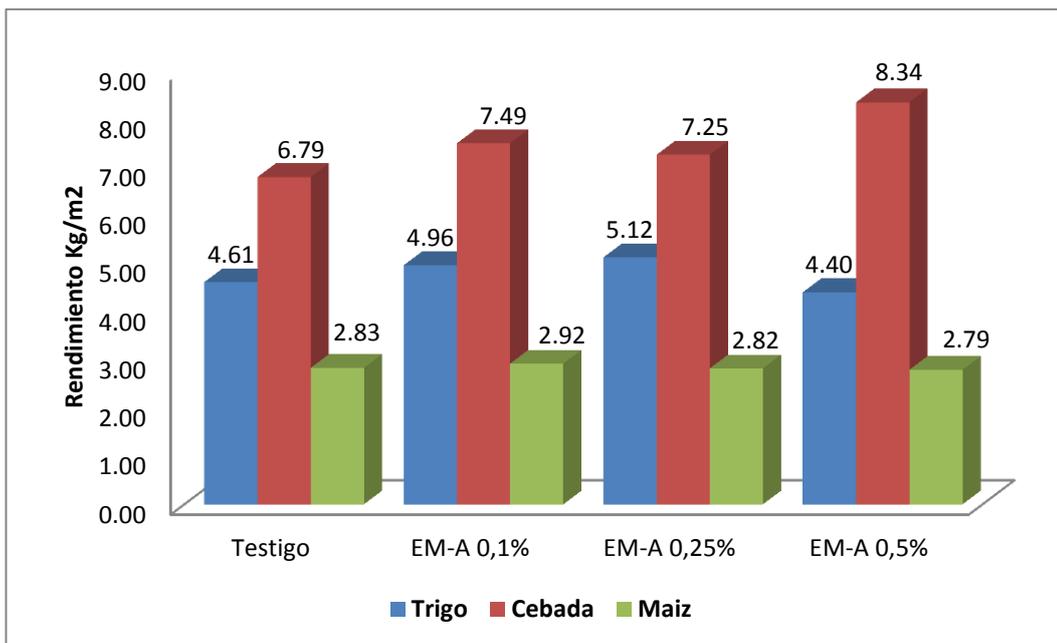
$F_c = 205,98$ $F_{0,05} = 1,92$

Figura 4: Tamaño del área foliar promedio (cm²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.



$F_c = 85,53$ $F_{0,05} = 1,92$

Figura 5: Biomasa promedio (kg/bandeja) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* "trigo", *Hordeum vulgare* "cebada" y *Zea mays* "maíz" en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.



$F_c = 85,93$ $F_{0,05} = 2,07$

Figura 6: Rendimiento promedio (kg/m²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.

IV. DISCUSIÓN

Para efectos de la discusión se ha recurrido a investigaciones recientes sobre la producción de forraje verde hidropónico, los mismos que explican las diferentes variables en estudio.

La figura 1, muestra el porcentaje de germinación de semillas de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”. Ayacucho – 2019, se destaca que las semillas de trigo y cebada alcanzan el 100% de germinación, mientras que el maíz alcanza el 87,33% de germinación.

Según Suárez y Melgarejo (2010)³⁹, el proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como por externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad del agua, temperatura, tipos de luz, inocuidad, edad y origen. confirma nuestros resultados afirmando que la cebada germina en 3 días, en condiciones favorables de temperatura, humedad, luz y oxígeno, en la cual primero la semilla se hincha y aumenta de tamaño a medida que absorbe agua, estos resultados de germinación coinciden también con Álvarez (2018)¹. Según FAO (2001)²³, la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de Forraje Verde Hidropónico, las semillas a utilizar debe ser limpia y tratada con una solución de hipoclorito de sodio al 1%; y que el lote de semillas no debe contener semillas partidas ni semillas de otros cultivares, en el estudio los resultados obtenidos de las semillas de cebada, trigo y maíz se obtuvo un alto porcentaje de germinación de 80%.

En la figura 2 se muestra la altura promedio cm del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

Se reportan las alturas a los 21 días de crecimiento; el tratamiento de EM-A 0,25% muestra mejor efecto. Seguido de EM-A 0,5% y EM-A 0,1%

En el tratamiento EM-A al 0,25%, la cebada muestra mayor crecimiento con un promedio de 21,99 cm, seguida por el trigo con 21,64 cm; mientras que con el tratamiento EM-A 0,5% y EM-A 0,1%, el trigo tiene mayor crecimiento 20 04cm y 19,79 cm. En todos los tratamientos, no se encuentra crecimiento significativo del maíz.

El ANVA demuestra significancia entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); realizada la prueba Duncan, confirma la mejor performance el tratamiento EM-A 0,25% en trigo y cebada; también se demuestra similar crecimiento de trigo en los tratamientos EM-A 0,5%; 0,1% y 0,0%, coincidiendo con cebada 0,5%, la cebada tiene igual crecimiento en EM-A 0,1% y 0,0%, el crecimiento del maíz es similar en todos los tratamientos.

La altura de cebada y trigo a los 21 días son óptimos como FVH para ser cosechada, pero el cultivo de maíz no ha alcanzado una altura buena; situación que se debe a la temperatura, las condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia de riego, estando listas para la cosecha, Ortega (2019)² probando abono orgánico líquido de ortiga, guano y humus, al realizar la prueba de medias de Tukey, encuentra diferencias significativas en la altura, siendo *Hordeum vulgare* “cebada” con un promedio de 20 cm la que mejor desarrollo vegetativo obtuvo frente a los 18 y 5 cm que alcanzaron el *Triticum aestivum* “trigo” y *Zea Mays*,” maíz”. El maíz fue el material vegetal que peor resultados obtuvo en campo, por lo que difiere de su buen porcentaje germinativo, aspecto como su longevidad, viabilidad, ciclo vegetativo, recolección y almacenaje bajo condiciones no inocuas incidieron en su desarrollo durante la investigación; siendo parecido a nuestros resultados; coincidiendo también con Tapia (2018)⁴ quien encuentra diferencias altamente significativas en la altura de crecimiento de forraje entre tratamientos.²

Igualmente, Villalta (2014)⁶, trabajando con tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH), al igual que en nuestro trabajo, demuestra que el mayor crecimiento de las plantas se registró en el tratamiento con 0,25% de EM, con un promedio de 23,8 cm de altura, mientras que el testigo presenta el menor tamaño con un promedio de 21 cm de altura; esta misma tendencia lo encuentra Luna (2013)⁸, donde alcanzó un valor de mayor tamaño en la altura de la cebada hidropónica mostrando diferencias entre los métodos empleados, con el método

Tarrillo alcanzo 23,83 cm a diferencia de los métodos, de la FAO 22,15 cm y de la Molina 21,58 cm esto de acuerdo a la prueba de Duncan $p \leq 0,05$; entre las especies forrajeras hay diferencias en velocidad de crecimiento; varios factores actúan de forma independiente uno sobre el otro sobre velocidad de crecimiento, por eso la cebada tiene mayor velocidad de crecimiento en comparación al trigo y maíz. (Pacco, 2018)¹⁰

En la figura 3 se muestra el tamaño promedio de la raíz (cm) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019. Los resultados se reportan a los 21 días de crecimiento, se demuestra mayor tamaño de la raíz con el tratamiento EM-A 0,25%, seguido del EM-A 0,5 % y 0,1%

En el tratamiento EM-A al 0,25%, la cebada muestra mayor tamaño de raíz con un promedio de 8,49 cm. y EM-A al 0,5 % con un promedio de 8,05 cm, seguida de trigo con 7,39 cm; se observa que la cebada tiene mayor longitud de raíz en todos los tratamientos. Mientras que el maíz presenta valores muy bajos con los diferentes tratamientos.

El ANVA confirma la diferencia entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); al ser significativa se sometió a la prueba Duncan, corroborando mayor longitud de raíz en el tratamiento EM-A al 0,25%, coincidiendo con cebada y trigo EM-A al 0,25 y 0,5%; El trigo tiene similar crecimiento en EM-A al 0,5%, 0,1%; y 0,0%. Mientras en todos los tratamientos el maíz presenta valores muy bajos de longitud de raíz, con respecto a la cebada y trigo.

Diversos investigadores demuestran que las plantas en cultivo para FVH tienen similar desarrollo radicular; es el caso de Álvarez (2018)¹ quien obtuvo desarrollo radicular similares entre avena y cebada, debido posiblemente a que estas dos especies son cereales porque tienen un comportamiento similar en cuanto el desarrollo de sus raíces; que absorbieron cantidades similares de nutrientes y minerales necesario para su desarrollo.

Al igual que en nuestro trabajo, se obtienen diferencias estadísticas para los diferentes métodos de producción en cuanto a la longitud de la raíz de avena hidropónica influye directamente en el desarrollo de follaje y crecimiento; (Delgado, 2016)⁵ siendo también confirmado que diferentes métodos o tratamientos ejercen efecto en la diferencia de la longitud de la raíz. (Luna, 2013)⁸

En la figura 4 se muestra el área foliar promedio (cm²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

A los 21 días de estudio, se demuestra mayor área foliar en el tratamiento EM-A al 0,25%, seguido del EM-A al 0,5% y EM-A al 0,1%; en todos los casos la cebada muestra mayor área foliar en comparación al trigo. El maíz tiene valores de área foliar mínima.

En el tratamiento EM-A al 0,25%, la cebada muestra mayor tamaño de área foliar con un promedio de 6,81 cm², seguido del EM-A al 0,5% en trigo y cebada que presentan similar área foliar con 5,81 cm² y 5,66 cm² y en EM-A 0,25% el trigo 5,49 cm²; en todos los casos la cebada muestra mayor área foliar en comparación al trigo. El maíz presenta valores de área foliar mínima en todos los tratamientos.

El ANVA demuestra significancia entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); realizada la prueba Duncan, confirma mayor área foliar de la cebada con el tratamiento EM-A 0,25%, siendo muy diferente al resto; se vislumbra que el área foliar es similar en todos los tratamientos, el maíz mantiene menor área foliar en todos los tratamientos.

Al respecto, Álvarez (2018)¹ obtuvo diferencias significativas, confirmadas con el ANVA y la prueba Duncan, posiblemente debido a que los factores externos dentro de la carpa solar llegaron a influir sobre este factor reflejando esto en el limbo de la hoja; un resultado que se contrapone al nuestro es reportado por Zeballos (2017)¹³ quien encuentra mayor área foliar en el cultivo de maíz forrajero, debido posiblemente al mayor tiempo de cultivo.

La figura 5 muestra la biomasa promedio (Kg/bandeja) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.

Luego del periodo de cultivo (21 días), se destaca mayor biomasa en el tratamiento EM-A 0,5%, seguido del EM-A 0,1% y EM-A 0,25%, en todos los casos la cebada presenta mayor biomasa y el maíz es el que menos ha desarrollado.

El tratamiento EM-A 0,5% con la cebada presenta mayor biomasa, con promedio 0,71 kg por bandeja, seguido del EM-A 0,1%, con 0,64 kg por bandeja y EM-A al 0,25%, con 0,62 kg por bandeja. En todos los casos la cebada presenta mayor biomasa, mientras la biomasa del trigo presenta valores intermedios entre la

cebada y el maíz con los diferentes tratamientos de EM-A. En cuanto al maíz es el que presenta mínimo peso.

El ANVA confirma diferencias significativas en los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); por lo que se realizó la prueba de Duncan, cuyos resultados demuestran que la cebada acumuló mayor biomasa con el tratamiento EM-A al 0,5%, igualmente, con el tratamiento EM-A al 0,1% y EM-A al 0,25% la cebada tuvo similar biomasa. En cuanto al trigo, no se observa diferencias significativas en los tratamientos, siendo ligeramente mayor en el tratamiento EM-A al 0,5%. El maíz no muestra diferencias en la producción de biomasa en los tratamientos.

Nuestros resultados, coinciden con Villalta (2014)⁶ quien reporta mayor biomasa con EM-A 0,25% ,superando a los demás tratamientos con un valor promedio de 1,951 kg de forraje verde hidropónico por bandeja. El análisis indica que hay diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos. Por su parte, Álvarez (2018)¹, no encuentra diferencias significativas entre las gramíneas lo que posiblemente pasó por que al ser las dos plantas con características similares tuvieron un desarrollo similar uno con respecto al otro

Empleando fitorreguladores, Pacco (2018)¹⁰ obtuvo mejor respuesta en producción de biomasa con la cebada con 16.08 kg/m², el cual es estadísticamente superior a la avena con 14,13 kg/m². Similares resultados también encuentran otros investigadores, aunque en este caso se trata del cultivo de avena (Delgado, 2016)⁵, coincidiendo también con Calvay (2018)⁹ quien encuentra diferencias significativas en la producción de biomasa según los nutrientes empleados.

La figura 6 presenta el rendimiento promedio (kg/m²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho - 2019.

A los 21 días de cultivo, tiempo de la cosecha, se demuestra mayor rendimiento con el tratamiento EM-A 0,5%, seguido del EM-A 0,1% y EM-A 0,25%.

En el tratamiento EM-A 0,5%, la cebada es el que presenta mayor rendimiento con un promedio de 8,34 kg/m², seguido del EM-A 0,1% y EM-A 0,25% con valores similares, con promedios de 7,49 kg/m² y 7,25 kg/m². En todos los tratamientos se observa mayor rendimiento de la cebada, seguida del trigo, en maíz, no muestra rendimientos significativos.

El ANVA demuestra significancia entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); realizada la prueba Duncan, se demuestra un rendimiento significativo de la cebada en el

tratamiento EM-A 0,5%; también muestra similar rendimiento en el tratamiento EM-A 0,1% y EM-A 0,25%.

Generalmente se emplean abonos orgánicos para evaluar el rendimiento de FVH (Tapia, 2018)⁴; lo que demuestra el efecto de estas sustancias. Según el tiempo de cultivo también varía el rendimiento, a los 15 días hay una producción con soluciones nutritivas siendo las sustancias nutritivas los que mejores valores obtuvieron con 5,45 Kg/m² por encima del té de humus de lombriz con un valor de 4,25 Kg /m² (Álvarez, 2018)¹, la prueba Duncan es la más empleada para determinar la existencia de diferencias estadísticas en la producción de Forraje verde hidropónico y el rendimiento correspondiente (Luna, 2013)⁸, algunos ensayos de combinación de avena y trébol muestran diferencia altamente significativa entre los distintos tratamientos confirmando que el efecto de los nutrientes es exitoso. (Lima, 2018)³

Mejía (2019)⁴⁰ reporta en el rendimiento en el FVH influye en las variedades de maíz ya que tienen diferente comportamiento en la asimilación de nutrientes aportados por el fertilizante ya que el contenido de fósforo y nitrógeno, aumenta el crecimiento radicular y área foliar. Los mejores rendimientos se encuentran en cebada (Bautista, 2018)¹⁴, incrementándose según el número de cortes. Meneses (2012)¹⁶, reporta que la adición de nitrógeno incrementa el rendimiento de la cebada, confirmada con la prueba Duncan.

V. CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de microorganismos eficaces de EM-A 0,5%; EM-A 0,25% muestran mejor efecto en la producción de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”
2. Las mayores alturas de forraje verde hidropónico se obtuvieron con EM-A 0,25% cebada y trigo; también se demostró similar crecimiento de trigo con EM-A 0,5%; 0,1%; coincidiendo con cebada al EM-A 0,5%; la cebada con EM-A 0,1% y 0,0%; tiene igual crecimiento. Mientras en el crecimiento del maíz es similar en todos los tratamientos. El ANVA demuestra significancia entre los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$).
3. Se obtuvo mayor longitud de raíz en el tratamiento EM-A al 0,25%, en cebada, coincidiendo con cebada y trigo EM-A al 0,25 y 0,5%; El trigo tuvo similar crecimiento en EM-A al 0,50%, 0,1%; y 0,0%. Mientras en todos los tratamientos el maíz presentó valores muy bajos de longitud de raíz, con respecto a la cebada y trigo confirmando la significancia con la prueba de ANVA ($F_c > F_{0,05}$).
4. Con el tratamiento EM-A 0,25%, la cebada muestra mayor tamaño de área foliar, con EM-A 0,5% el trigo y cebada; presentó similar área foliar y con EM-A 0,1%; en todos los casos la cebada mostró mayor área foliar en comparación al trigo. El maíz presenta valores de área foliar mínima en todos los tratamientos, confirmando la significancia con el ANVA ($F_c > F_{0,05}$).
5. El ANVA confirma diferencias significativas en los tratamientos ($F_c > F_{0,05}$); se acumuló mayor biomasa en cebada con el tratamiento EM-A al 0,5%, igualmente, con el tratamiento EM-A al 0,1% y EM-A al 0,25% la cebada tuvo similar biomasa. En cuanto al trigo, no se observó diferencias significativas en los tratamientos, siendo ligeramente mayor en el

tratamiento EM-A al 0,5%. En el caso del maíz no se evidenció diferencias en la producción de biomasa en los tratamientos.

6. Se determinó mayor rendimiento en cebada con en el tratamiento EM-A al 0,5%, (8,34 kg/m²), seguida del EM-A 0,1% (7,49 kg/m²) y EM-A 0,25% (7,25 kg/m²). En cuanto al trigo, no se observó diferencias significativas en los tratamientos; en maíz, no mostró rendimientos significativos entre tratamientos.

VI. RECOMENDACIONES

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

1. A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, incentivar las investigaciones en producción de FVH como alternativa a la escasez de suelo y agua en la provisión de alimentos para ganados; evaluando la rentabilidad mediante el control de los factores internos y externos.
2. Al Ministerio de Agricultura, promover el uso de FVH en la crianza de animales menores, como el cuy, conejo y gallinas.
3. A los programas de alimentación, considerar la técnica para la producción de alimento de consumo humano en el enfoque de agricultura familiar.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ N. Respuesta del forraje verde hidropónico a la aplicación de dos soluciones nutritivas en avena (*Avena sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*) en carpa solar, Bolivia. 2018.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20165/T2608.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. ORTEGA I. Evaluación de los procesos de germinación y desarrollo vegetativo de semillas forrajeras mediante la aplicación de sustancias nutritivas biológicas, a través de la técnica de cultivo hidropónico bajo cubierta en el Municipio de Sotará, Colombia. 2019:1-92.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25245/ifortegag.pdf?sequence=4>.
3. LIMA T. Evaluación del rendimiento de avena (*avena sativa* sp) y trebol blanco (*Trifolium repens*) asociados como forraje verde hidropónico en relación a diferentes concentraciones de vial bovino como medio nutritivo en la localidad de Viacha del departamento de La. 2018:1-85.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18399/T2556.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
4. TAPIA D. Evaluación del efecto de tres tipos de bioinsumos en el cultivo hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el centro experimental de cota cota. 2018.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20287/T2623.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
5. DELGADO J. Producción de Avena (*Avena Sativa*) Como Forraje Verde Hidropónico Con Tres Métodos de Producción, En El Distrito 8 de La Ciudad de Alto. Bolivia; 2016.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10520/T2347.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
6. VILLALTA M, SANCHEZ E. Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico. Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 2014.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12365/1/MarisolVillaltaCastillo.pdf>.
7. JIMÉNEZ J. Producción de forraje verde hidropónico de trigo y cebada, en diferentes épocas de cosecha en la Quinta Experimental Punzara. Ecuador. Universidad Nacional de Loja. 2013.
[https://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/5369/1/PRODUCCION DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.pdf](https://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/5369/1/PRODUCCION%20DE%20FORRAJE%20VERDE%20HIDROPONICO.pdf).
8. LUNA R. Rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) forrajera verde en relación a tres métodos de producción hidropónica estándar. Bolivia. Universidad Mayor De San Andres. 2013.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4179/T1826.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. CALVAY J. Optimización del rendimiento hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en función del tiempo de cosecha. Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz de Gallo. 2018.
[http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3156/BC-TES TMP-1968.pdf?sequence=1](http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3156/BC-TES%20TMP-1968.pdf?sequence=1).
10. PACCO J. Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas. Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 2018.
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10373/Pacco_Cahuana_Julio_César.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

11. GUEVARA B. Producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz de Gallo. 2017.
<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1895/BC-TES-TMP-722.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
12. ORDOÑEZ E, IDROGO E, CORRALES N. Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de *Hordeum vulgare*. *Rev Inv Vet Perú* 2017. 29. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i2.14477>.
13. ZEBALLOS D. Efecto de microorganismos eficaces en el rendimiento de cultivares de maíz forrajeros (*Zea mays* L.) en C.P.M. Los Palos, Tacna. 2017. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1865>.
14. BAUTISTA P. Niveles de abono foliar (EM-1) y compost con EM en el rendimiento de maralfalfa (*Pennisetum* sp.). Centro de Producción Canchán – Huánuco, 2020 msnm. Perú. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. 2018.
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3106>.
15. ROBLES G. Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje hidropónico de cebada en alimentación de cuyes mejorados en crecimiento a 2750 m.s.n.m. - INIA Ayacucho, Perú. 2018.
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/2830/TESISAG1186_Rob.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
16. MENESES P. "Implementacion de Modulo para la Produccion de Forraje Verde Hidroponico, bajo tres niveles de nitrógeno en el engorde de carnerillos Ayacucho". Perú. Universidad Nacional De San Cristobal de Huamanga. 2012. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2023>.
17. AGUIRRE C, ABARCA P, MORA D, SILVA L, OLGUIN J. Producción de forraje verde hidropónico Inia. Chile. 2014.
<https://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producción-de-forraje-verde-hidropónico.pdf>.
18. JUAREZ P, MORALES H, SANDOVAL M, GÓMEZ A, CRÚZ E JC. Producción de forraje verde hidropónico. 2013.
https://www.researchgate.net/publication/275715557_.
19. ESPINOSA M. Proyecto de inversión para la producción de FVH en Santa María Chachoapan Nochixtlan. Mexico. Universidad tecnologica de la Mixteca. 2005.
http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9735.pdf.
20. GILSANZ J. Hidroponía. INIA, Uruguay. 2007.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>.
21. BELTRANOJ, GIMENEZ D. Cultivo En Hidroponía: 1a Ed. Argentina: Edulp; 2015. Vol 1. (EDULP, ed.). 2015.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1.
22. FAO. El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios. Chile. 2001.
<http://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>.
23. FAO. Forraje verde hidroponico. Manual técnico. Oficina regional de la FAO para America Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 2001.
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/2.pdf.
24. BID. Manual Práctico de Uso de EM. 1 a ed. Uruguay: Oisca; 2009 :1-35.
https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf.
25. EMPROTEC. Guía de la Tecnología de EM. Costa Rica.

- <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Bol etin Tecnologia EM.pdf>.
26. HIGA T, PARR J. Microorganismos Benéficos y Efectivos para una Agricultura y Medio ambiente Sostenible. Estados Unidos. 1993.
<https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MICROORGANISMOS-DEL-SUELO-PARA-LA-AGRICULTURA.pdf>.
 27. CID S. Informe sobre los avances de la Tecnología EMTM en Brasil en el campo de Hidroponía .Brasil. 2013:0-5.
http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/emfiesta2009/5.BRASIL Informe Brasil Hidroponia.pdf.
 28. LOPEZ D. Valorización de biomasa de origen vegetal mediante procesos térmicos y termoquímicos. España. 2013.
<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/3393/TESIS López González.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 29. NAJERA J. Ecuaciones para estimar Biomasa , Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura de Carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipeco del nordeste de México . 1999.
<http://eprints.uanl.mx/7669/1/1020130186.PDF>.
 30. PEREZ N, DÍAZ S, GAMIER E, LAVOREL S, POORTER H, et al. Nuevo manual para la medición estandarizada de caracteres funcionales de plantas. Australia. 2013.
https://www.researchgate.net/publication/312653394_Nuevo_manual_para_la_medicion_estandarizada_de_caracteres_funcionales_de_plantas.
 31. MEGIAS M, MOLIST M. Atlas de Histología Vegetal y Animal. España. 2018.
<https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/o-v-raiz.pdf>.
 32. MORALES S. Tejidos Vegetales .Mexico. 2014.
https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LECT108.pdf.
 33. DURAN A. Revolución Agrícola. Rendimiento y Producción en la Agricultura. Estudio publicado en Problemas Economico - Agrícolas de México, 2008.
https://www.ecured.cu/Rendimiento_agricola.
 34. FAO. Estimación de las superficies y de los rendimientos de los cultivos. Roma. 1982.
http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Publications/FAO_ESDP/ESDP_22_Spa_Estimación_de_las_superficies_y_de_los_rendimientos_de_los_cultivos.pdf.
 35. VILLARREAL M. Efectos de la Producción del Trigo (*Triticum aestivum* L) en el Mundo, México y en la Región 5 Manantiales. Mxico. 2000.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789>.
 36. GUACHO E. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. 2014.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793 .pdf>.
 37. GOMEZ M. Evaluación del forraje verde hidropónico de Maíz y Cebada, con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimiento y engorde de cuyes. 2007.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1813/1/17T0725.pdf>.
 38. VALDIVIA R. Prueba de Germinación de Semillas de Granos Básicos (Maíz, Frijol, Sorgo, Arroz). Nicaragua
 39. Suarez D. Experimentos En Fisiología Vegetal. Colombia. 2010.
<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>.
 40. MEJIA H. Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción ante el cambio climático. Honduras. 2019.
file:///C:/Users/USER/Downloads/Forraje_verde_hidroponico_una_alternativ

a_de_produ.pdf

41. FABIAN L. Efecto de la intensidad lumínica de LEDs emisores de luz y del fotoperiodo en la producción de forraje verde hidropónico de "maíz" (*Zea mays*) y utilización de agua. Perú. 2017.
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10088/Fabi%C3%A1n%20Medina%20Lenin%20Vladimir.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO 1: Altura promedio (cm) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

REPETICIONES	TRIGO				CEBADA				MAÍZ			
	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%
I	18,14	17,70	19,70	19,10	17,00	17,56	20,50	19,80	4,34	3,30	2,60	3,00
II	17,50	20,76	23,80	20,58	17,04	16,88	22,50	19,00	3,00	4,50	4,00	4,00
III	18,40	21,20	21,70	20,10	15,52	17,10	22,00	18,50	2,50	2,38	4,50	3,60
IV	22,50	19,34	22,00	20,00	17,06	16,04	21,50	18,72	4,00	2,80	4,02	5,12
V	19,10	19,80	20,40	18,40	17,50	17,00	20,00	19,00	2,60	2,00	3,70	4,00
VI	19,20	21,20	23,40	20,40	15,50	19,00	23,40	20,00	3,00	2,30	3,00	2,00
VII	18,00	18,50	20,50	21,70	17,90	16,50	24,00	18,00	2,60	4,00	3,00	2,30
PROMEDIO	18,98	19,79	21,64	20,04	16,79	17,15	21,99	19,00	3,15	3,04	3,55	3,43

ANEXO 2: Tamaño de la raíz promedio (cm) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

REPETICIONES	TRIGO				CEBADA				MAÍZ			
	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%
I	5,40	7,00	6,88	4,32	6,52	7,06	7,70	8,10	0,00	0,24	0,36	1,00
II	6,18	5,20	7,14	5,44	6,44	6,80	8,70	7,72	0,00	0,10	0,80	1,60
III	5,40	6,30	7,48	5,50	6,64	7,04	8,30	7,12	1,80	1,00	0,00	0,00
IV	6,67	6,20	7,72	7,30	6,12	6,82	7,90	8,02	1,10	0,16	1,00	0,30
V	4,80	6,40	7,12	4,90	6,32	7,60	9,20	8,34	0,90	1,00	0,00	0,16
VI	5,90	5,10	8,02	7,00	5,92	6,78	8,40	8,60	0,00	0,16	0,00	0,20
VII	5,70	4,30	7,40	6,90	6,22	6,40	9,20	8,44	0,00	0,00	0,58	0,30
PROMEDIO	5,72	5,79	7,39	5,91	6,31	6,93	8,49	8,05	0,54	0,38	0,39	0,51

ANEXO 3: Tamaño área foliar promedio (cm²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

REPETICIONES	TRIGO				CEBADA				MAÍZ			
	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%
I	4,90	5,30	5,30	5,90	5,30	5,50	5,30	5,40	0,20	0,00	0,00	0,00
II	5,00	5,30	5,00	5,60	5,60	5,50	5,20	5,70	0,04	0,09	0,20	0,09
III	4,70	5,20	6,10	5,70	4,50	5,20	8,60	5,20	0,00	0,09	0,00	0,09
IV	5,60	5,10	5,50	6,00	4,90	5,60	8,10	6,40	0,00	0,00	0,12	0,04
V	5,10	5,20	6,00	5,80	5,20	5,50	6,80	5,70	0,12	0,09	0,00	0,00
VI	4,10	5,20	5,50	6,00	5,00	5,30	8,20	5,50	0,00	0,09	0,00	0,09
VII	5,60	5,30	5,00	5,70	5,70	5,60	5,50	5,70	0,30	0,00	0,12	0,00
PROMEDIO	5,00	5,23	5,49	5,81	5,17	5,46	6,81	5,66	0,09	0,05	0,06	0,04

ANEXO 4: Biomasa promedio (kg/bandeja) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

REPETICIONES	TRIGO				CEBADA				MAÍZ			
	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%	EM-A 0,0%	EMA-A 0,1%	EMA-A 0,25%	EMA-A 0,5%
I	0,33	0,48	0,44	0,44	0,56	0,64	0,61	0,72	0,24	0,25	0,24	0,24
II	0,44	0,37	0,48	0,45	0,59	0,64	0,59	0,69	0,24	0,24	0,24	0,24
III	0,42	0,42	0,39	0,57	0,59	0,58	0,65	0,69	0,24	0,25	0,24	0,24
IV	0,38	0,42	0,43	0,37	0,56	0,68	0,61	0,74	0,24	0,25	0,24	0,24
PROMEDIO	0,39	0,42	0,44	0,46	0,58	0,64	0,62	0,71	0,24	0,25	0,24	0,24

ANEXO 5: Rendimiento promedio (kg/m²) del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

REPETICIONES	TRIGO				CEBADA				MAÍZ			
	EM-A 0.0%	EMA-A 0.1%	EMA-A 0.25%	EMA-A 0.5%	EM-A 0.0%	EMA-A 0.1%	EMA-A 0.25%	EMA-A 0.5%	EM-A 0.0%	EMA-A 0.1%	EMA-A 0.25%	EMA-A 0.5%
I	3.91	5.59	5.22	5.22	6.61	7.51	7.18	8.41	2.80	2.95	2.82	2.76
II	5.14	4.31	5.68	5.29	6.98	7.52	6.99	8.12	2.81	2.87	2.82	2.78
III	4.94	4.99	4.53	6.75	6.99	6.87	7.69	8.14	2.85	2.92	2.82	2.80
IV	4.45	4.93	5.04	4.32	6.58	8.04	7.14	8.67	2.86	2.94	2.82	2.82
PROMEDIO	4.61	4.96	5.12	5.40	6.79	7.49	7.25	8.34	2.83	2.92	2.82	2.79

ANEXO 6: Valores de Análisis de Varianza de altura promedio (cm), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

FV	SC	GI	CM	F c	F (0,5)
Entre grupos	5029,53	11	457,23	351,66	1,92
Dentro de los grupos	93,61	72	1,30		
Total	5123,15	83			

ANEXO 7: Valores de Análisis de Varianza de la radícula promedio (cm), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

FV	SC	GI	CM	F c	F(0,05)
Entre grupos	812,85	11	73,90	186,37	1,92
Dentro de los grupos	28,55	72	0,40		
Total	841,39	83			

ANEXO 8: Valores de Análisis de Varianza de área foliar promedio (cm²), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

FV	SC	GI	CM	F c	F(0,05)
Entre grupos	58,42	11,00	53,04	205,98	1,92
Dentro de los grupos	18,54	72,00	0,26		
Total	601.,6	83,00			

ANEXO 9: Valores de Análisis de Varianza de biomasa promedio (kg/bandeja), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

FV	SC	GI	CM	Fc	F (0.05)
Entre grupos	1.28	11.00	0.12	85.53	2.07
Dentro de los grupos	0.05	36.00	0.00		
Total	1.33	47.00			

ANEXO 10: Valores de Análisis de Varianza de rendimiento promedio (kg/m²), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

FV	SC	GI	CM	Fc	F(0,05)
Entre grupos	177.68	11,00	16.15	85.93	2,07
Dentro de los grupos	6.77	36,00	0,19		
Total	184.45	47,00			

ANEXO 11: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de la altura promedio (cm), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

CONCENTRACIONES		MEDIAS	N	E.E.		
c-EM-A	0,25%	21,99	7	0,43	A	
t-EM-A	0,25%	21,64	7	0,43	A	
t-EM-A	0,5%	20,04	7	0,43		B
t-EM-A	0,1%	19,79	7	0,43		B
c-EM-A	0,5%	19,00	7	0,43		B
t-EM-A	0,0%	18,98	7	0,43		B
c-EM-A	0,1%	17,15	7	0,43		C
c-EM-A	0,0%	16,79	7	0,43		C
m-EM-A	0,25%	3,55	7	0,43		D
m-EM-A	0,5%	3,43	7	0,43		D
m-EM-A	0,0%	3,15	7	0,43		D
m-EM-A	0,1%	3,04	7	0,43		D

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

ANEXO 12: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de tamaño de raíz promedio (cm), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

CONCENTRACIONES		MEDIAS	N	E.E.			
C-EM-A	0,25%	8,49	7	0,24	A		
C-EM-A	0,5%	8,05	7	0,24	A	B	
t-EM-A	0,25%	7,39	7	0,24		B	C
c-EM-A	0,1%	6,93	7	0,24			C D
c-EM-A	0,0%	6,31	7	0,24			D E
t-EM-A	0,5%	5,91	7	0,24			E
t-EM-A	0,1%	5,79	7	0,24			E
t-EM-A	0,0%	5,72	7	0,24			E
m-EM-A	0,0%	0,54	7	0,24			F
m-EM-A	0,5%	0,51	7	0,24			F
m-EM-A	0,25%	0,39	7	0,24			F
m-EM-A	0,1%	0,38	7	0,24			F

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

ANEXO 13: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de área foliar promedio (cm²), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

CONCENTRACIONES		MEDIAS	n	E.E.				
C-EM-A	0,25%	6,81	7	0,19	A			
t-EM-A	0,5%	5,81	7	0,19	B			
c-EM-A	0,5%	5,66	7	0,19	B	C		
t-EM-A	0,25%	5,49	7	0,19	B	C	D	
c-EM-A	0,1%	5,46	7	0,19	B	C	D	
t-EM-A	0,1%	5,23	7	0,19	B	C	D	
c-EM-A	0,0%	5,17	7	0,19		C	D	
t-EM-A	0,0%	5,00	7	0,19			D	
m-EM-A	0,0%	0,09	7	0,19				E
m-EM-A	0,25%	0,06	7	0,19				E
m-EM-A	0,1%	0,05	7	0,19				E
m-EM-A	0,5%	0,04	7	0,19				E

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

ANEXO 14: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de Biomasa promedio (kg/bandeja), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

CONCENTRACIONES		MEDIAS	n	E.E.	
c-EM-A	0,5 %	0,71	4	0,02	A
c-EM-A	0,1 %	0,64	4	0,02	B
c-EM-A	0,25 %	0,62	4	0,02	B C
c-EM-A	0,0 %	0,58	4	0,02	C
t-EM-A	0,5 %	0,46	4	0,02	D
t-EM-A	0,25 %	0,44	4	0,02	D E
t-EM-A	0,1 %	0,42	4	0,02	D E
t-EM-A	0,0 %	0,39	4	0,02	E F
m-EM-A	0,1 %	0,25	4	0,02	F
m-EM-A	0,0 %	0,24	4	0,02	F
m-EM-A	0,25 %	0,24	4	0,02	F
m-EM-A	0,5 %	0,24	4	0,02	F

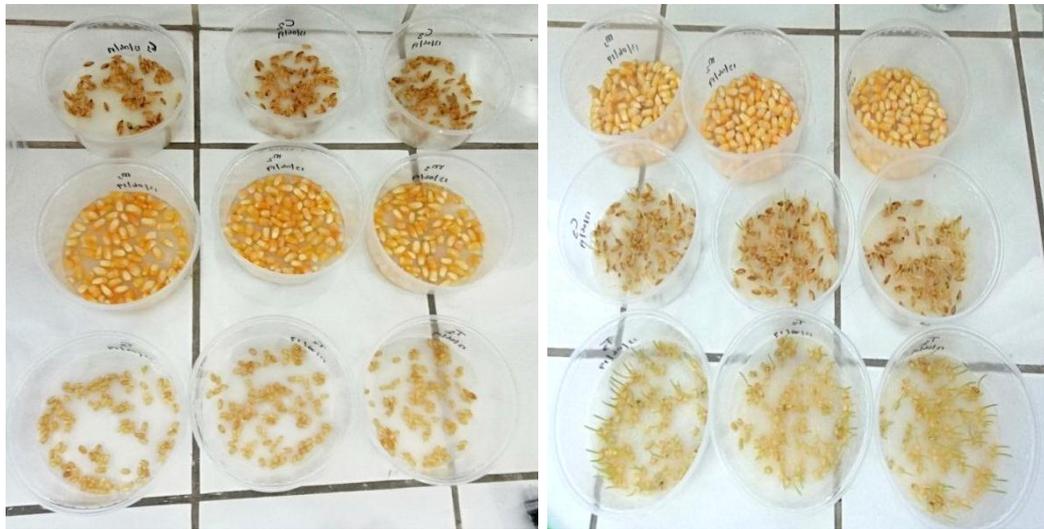
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 15: Prueba de comparaciones múltiples de Duncan de rendimiento promedio (kg/m²), del forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz” en tres concentraciones de microorganismos eficaces. Ayacucho – 2019.

CONCENTRACIONES		MEDIAS	N	E.E.				
c-EM-A	0,5 %	8,34	4	0,22	A			
c-EM-A	0,1 %	7,49	4	0,22	B			
c-EM-A	0,25 %	7,25	4	0,22	B	C		
c-EM-A	0,0 %	6,79	4	0,22		C		
t-EM-A	0,5 %	5,40	4	0,22			D	
t-EM-A	0,25 %	5,12	4	0,22			D	E
t-EM-A	0,1 %	4,96	4	0,22			D	E
t-EM-A	0,0 %	4,61	4	0,22				E
m-EM-A	0,1 %	2,92	4	0,22				F
m-EM-A	0,0 %	2,83	4	0,22				F
m-EM-A	0,25 %	2,82	4	0,22				F
m-EM-A	0,5 %	2,79	4	0,22				F

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

ANEXO 16: Instalación de semillas de trigo, cebada y maíz para determinar el porcentaje de germinación, Laboratorio de Biología, Ayacucho 2019.



- a. Semillas de trigo, cebada y maíz al inicio de germinación.
- b. Semillas de trigo, cebada y maíz a los 7 días de germinación.

ANEXO 17: Instalación de semillas de trigo, cebada y maíz para determinar el porcentaje de germinación, Laboratorio de Biología, Ayacucho 2019.



ANEXO 18: Activación de Microorganismos Eficaces en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a

a. Activación de Microorganismos Eficaces para regar al FVH.



b

b. Análisis de PH de los Microorganismos Eficaces Activados

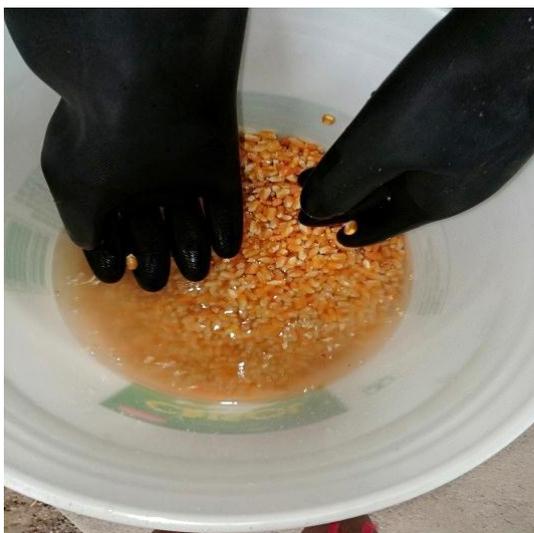
ANEXO 19: Lavado y desinfección de semillas de trigo, cebada y maíz para la producción de forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b



c

- a. Lavado y desinfección del trigo
- b. Lavado y desinfección de la cebada
- c. Lavado y desinfección de maíz

ANEXO 20: Oreo de las semillas de trigo, cebada y maíz en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



ANEXO 21: Pesaje de semillas de trigo, cebada y maíz para parasembrar en las bandejas en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b



c

ANEXO 22: Siembra de las semillas de trigo, cebada y maíz en bandejas en el área de germinación, en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b

- a. Instalación de semillas de trigo, cebada y maíz en cada bandeja.
- b. Germinación de las semillas en cada bandeja.

ANEXO 23: Vista del cultivo de forraje verde hidropónico de trigo, cebada y maíz en desarrollo en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b



c

- a. Forraje Verde Hidropónico a los 4 días
- b. Forraje Verde Hidropónico a los 12 días
- c. Forraje Verde Hidropónico a los 21 días

ANEXO 24: Desarrollo de la masa radicular del forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b

a. Forraje Verde Hidropónico de trigo a los 21 días

b. Forraje Verde Hidropónico de trigo a los 21 días

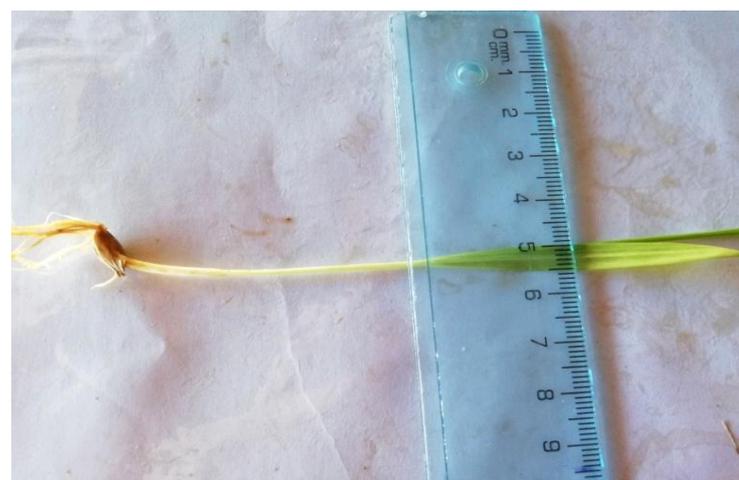
ANEXO 25: Medida de altura del tallo, raíz, área foliar del forraje verde hidropónico en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



a



b



c

- a. Medida de la altura de la planta
- b. Medida de la raíz de la planta
- c. Medida de área foliar de la planta

ANEXO 26: Vista del cultivo de forraje verde hidropónico del maíz a los 21 días de crecimiento en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



ANEXO 27: Pesaje de forraje verde hidropónico para determinar la biomasa en el vivero, Ecopesa EIRL, Ayacucho 2019.



ANEXO 28: Matriz de consistencia

TITULO: Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de *Triticum aestivum* “trigo”, *Hordeum vulgare* “cebada” y *Zea mays* “maíz”. Ayacucho - 2019.

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema principal</p> <p>¿Cuál es el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz”?</p> <p>Ayacucho – 2019?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz”.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la biomasa de forraje verde hidropónico <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” tres concentraciones de microorganismos eficaces. Determinar la altura de forraje verde hidropónico <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” tres concentraciones de microorganismos eficaces. Determinar el tamaño de raíz de forraje verde hidropónico <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” tres concentraciones de microorganismos eficaces. Determinar el área foliar de las hojas de forraje verde hidropónico <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” tres concentraciones de microorganismos eficaces. Determinar el rendimiento Kg/m² de forraje verde hidropónico <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” tres concentraciones de microorganismos eficaces. 	<p>Antecedentes</p> <ul style="list-style-type: none"> Internacionales Nacional Local <p>Marco conceptual</p> <ul style="list-style-type: none"> Origen Hidroponía Forraje verde hidropónico Factores que influyen en la Producción de FVH Clasificación taxonómica Valor nutricional de FVH Condiciones medio ambientales para el cultivo Biomasa Los Microorganismos Eficientes (EM) 	<p>Existe diferencia al menos en una concentración de microorganismos eficaces que permitirá una mayor biomasa, altura, tamaño de raíz, área foliar, y mejor rendimiento de forraje verde hidropónico de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz”.</p>	<p>Variables independientes</p> <p>Concentraciones de microorganismos eficaces:</p> <ul style="list-style-type: none"> -T : EM- A 0,0% -T1: EM -A 0,1 % -T2: EM -A 0,25 % -T3: EM -A 0,5 % <p>Variables dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biomasa (kg/bandeja) - Altura (cm) - Tamaño de raíz (cm) - Área foliar (m²) - Rendimiento (kg/m²) 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Método</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Población</p> <p>Todas las semillas de <i>Triticum aestivum</i> “trigo”, <i>Hordeum vulgare</i> “cebada” y <i>Zea mays</i> “maíz” para forraje verde hidropónico- Ayacucho.</p> <p>Muestra</p> <p>Siete plantas por unidad experimental, haciendo un total de 352 plantas</p> <p>UNIDAD EXPERIMENTAL</p> <p>Conformado por siete bandejas de semillas para cada tratamiento</p> <p>Tipo de muestreo</p> <p>Aleatorio</p>