



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN
EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO EN EL CULTIVO DE
HORTALIZAS, EN TACNA**

PRESENTADO POR

EGRESADO DAVID BASILIO ADUVIRI ORDOÑEZ

EGRESADO DELIA ELVIRA VANEGAS VÁSQUEZ

EGRESADO JUSTINO CHOQUEHUANCA AROCUTIPA

EGRESADO LIBIA ROSA MENESES CHARCA

EGRESADO OREILLY CCALLI CCALLATA

ASESOR

ING. MARCO ANTONIO HUACOLLO ALVAREZ

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

MOQUEGUA – PERÚ

2023



Universidad José Carlos Mariátegui

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación () / Tesis () / Trabajo de suficiencia profesional () / Trabajo académico (), titulado **“EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN EL CULTIVO DE HORTALIZAS, EN TACNA”** presentado por el(la) egresado(a) **DAVID BASILIO ADUVIRI ORDOÑEZ, DELIA ELVIRA VANEGAS VÁSQUEZ, JUSTINO CHOQUEHUANCA AROCUTIPA, LIBIA ROSA MENESES CHARCA y OREILLY CCALLI CCALLATA** para obtener el grado académico () o Título profesional () o Título de segunda especialidad () de: **BACHILLER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA**, y asesorado por el(la) **ING. MARCO ANTONIO HUACOLLO ALVAREZ**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°1604-2021-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de investigación	Porcentaje de similitud
Ingeniería Agronómica	<ul style="list-style-type: none">- David Basilio Aduviri Ordoñez- Delia Elvira Vanegas Vásquez- Justino Choquehuanca Arocutipa- Libia Rosa Meneses Charca- Oreilly Ccalli Ccallata	“EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN EL CULTIVO DE HORTALIZAS, EN TACNA”	27 % (13 de agosto de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **27 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 13 de agosto de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO
Jefe de la Unidad de Investigación

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	i
Certificado de originalidad.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
CONTENIDO DE TABLAS	x
CONTENIDO DE FIGURAS	xvi
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	xxii
CONTENIDO DE APÈNDICES	xxiii
RESUMEN.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
INTRODUCCIÓN	xxvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1	Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2	Objetivos de la investigación.....	2
1.2.1	Objetivo general.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2

1.3	Hipótesis de la investigación.	3
1.3.1	Hipótesis general.....	3
1.3.2	Hipótesis específicas.....	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.	5
2.1.1	Nivel local y regional.....	5
2.1.2	Nivel nacional.	6
2.1.3	Nivel internacional.....	7
2.2	Bases teóricas.....	8
2.2.1	Microorganismos eficientes.....	8
2.2.2	Importancia de microorganismos eficientes en el suelo.	9
2.2.3	Historia de los microorganismos eficientes.	9
2.2.4	Clasificación de microorganismos eficientes.....	9
2.2.5	Microorganismos eficientes nativos o de montaña.	16
2.3	Propiedades del suelo.....	17
2.3.1	Propiedades físicas del suelo.	18
2.3.2	Propiedades químicas del suelo.	26
2.3.3	Propiedades biológicas del suelo.	34
2.3.4	Efectos adversos de uso de fertilizantes químicos.....	38
2.3.5	Especies de hortalizas	39

2.3.6	Cultivo de rabanito.....	43
2.3.7	Cultivo de albahaca.....	46
2.3.8	Cultivo de espinaca.....	53
2.3.9	Cultivo de betarraga.....	58
2.4	Definición de términos.....	65
2.4.1	Suelo.....	66
2.4.2	Propiedades químicas del suelo.....	66
2.4.3	Propiedades físicas del suelo.....	66
2.4.4	Enmiendas orgánicas.....	66
2.4.5	Densidad aparente.....	67
2.4.6	Estructura.....	67
2.4.7	Conductividad eléctrica.....	67
2.4.8	Nitrógeno (N).....	67
2.4.9	Fósforo (P).....	68
2.4.10	Potasio (K).....	68
2.4.11	Materia orgánica (MO).....	68

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.1	Tipo de investigación.....	69
3.1.2	Diseño de investigación.....	69
3.1.3	Modelo aditivo lineal para DBCA.....	69

3.1.4	Análisis de varianza.	70
3.2	Instrumentos tecnológicos para recolección de datos.	74
3.2.1	Observación directa.	74
3.2.2	Observación indirecta.	74
3.2.3	Manejo del experimento.	74
3.2.4	Preparación de terreno para la plantación.	75
3.2.5	Riego de machaco.	75
3.2.6	Trasplante de las plántulas.	76
3.2.7	Riegos.	76
3.2.8	Preparación de tratamientos.	76
3.2.9	Aplicación de los tratamientos.	76
3.2.10	Aplicaciones foliares.	76
3.2.11	Aplicación de ácidos húmicos y bioestimulantes radiculares.	77
3.2.12	Control preventivo de plagas enfermedades.	77
3.2.13	Sistemas de evaluaciones.	77

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Presentación de resultados.	80
4.1.1	Cultivo de lechuga.	80
4.1.2	Cultivo de albahaca.	98
4.1.3	Cultivo de espinaca.	116

4.1.4	Cultivo de betarraga.....	134
4.1.5	Cultivo de rabanito.....	148
4.1.6	Análisis comparado de muestras de suelo por tratamiento.....	163
4.2	Discusión de resultados.....	203

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	213
5.2	Recomendaciones.	214
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		216
APÉNDICES.....		229

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de la porosidad	20
Tabla 2 Clasificación de la densidad aparente en los suelos.....	22
Tabla 3 Densidad aparente según la textura.....	24
Tabla 4 Clasificación de la densidad real de los suelos	25
Tabla 5 Densidad real optima de algunos constituyentes de suelos.....	25
Tabla 6 Clasificación de la acidez del suelo	27
Tabla 7 Clasificación de la materia orgánica para suelos agrícolas.....	28
Tabla 8 Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico	29
Tabla 9 Interpretación de conductividad eléctrica	30
Tabla 10 Interpretación de relación carbono nitrógeno	31
Tabla 11 Clasificación del nitrógeno disponible.....	33
Tabla 12 Clasificación del fosforo disponible	33
Tabla 13 Clasificación del potasio disponible	34
Tabla 14 Cuadro de análisis de varianza ANVA	71
Tabla 15 Cuadro de tratamientos de diseño experimental	72
Tabla 16 Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la lechuga ...	81
Tabla 17 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento de la lechuga	82
Tabla 18 Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la lechuga..	83
Tabla 19 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la lechuga.....	84
Tabla 20 Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la lechuga .	85

Tabla 21 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la lechuga.....	86
Tabla 22 Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la lechuga ...	87
Tabla 23 Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la lechuga	89
Tabla 24 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la lechuga.....	90
Tabla 25 Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la lechuga	91
Tabla 26 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental.....	93
Tabla 27 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental	94
Tabla 28 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga	95
Tabla 29 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga.....	96
Tabla 30 Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la lechuga	97
Tabla 31 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento de la albahaca .	99
Tabla 32 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento de la albahaca.....	100
Tabla 33 Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la albahaca	101
Tabla 34 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la albahaca	102

Tabla 35 Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la albahaca	103
Tabla 36 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la albahaca	104
Tabla 37 Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la albahaca	105
Tabla 38 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la tercera evaluación de altura de la albahaca	106
Tabla 39 Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la albahaca.....	107
Tabla 40 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la albahaca	108
Tabla 41 Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca	109
Tabla 42 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca.....	110
Tabla 43 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la albahaca/unidad experimental.....	111
Tabla 44 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca.....	113
Tabla 45 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca	114
Tabla 46 Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la albahaca .	115
Tabla 47 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento de la espinaca	117
Tabla 48 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento de la espinaca	118

Tabla 49 Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la espinaca	119
Tabla 50 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la espinaca	120
Tabla 51 Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la espinaca	121
Tabla 52 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la espinaca	122
Tabla 53 Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la espinaca	123
Tabla 54 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la tercera evaluación de altura de la espinaca	124
Tabla 55 Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la espinaca.....	125
Tabla 56 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la espinaca	126
Tabla 57 Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la espinaca	127
Tabla 58 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la espinaca/unidad experimental	129
Tabla 59 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento de espinaca/unidad experimental	130
Tabla 60 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca.....	131
Tabla 61 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca	132
Tabla 62 Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la espinaca .	133

Tabla 63 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de materia seca de la espinaca	134
Tabla 64 Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la betarraga	135
Tabla 65 Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la betarraga	137
Tabla 66 Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la betarraga	138
Tabla 67 Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la betarraga	140
Tabla 68 Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de raíz de la betarraga	141
Tabla 69 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de raíz de la betarraga	142
Tabla 70 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la betarraga/unidad experimental	143
Tabla 71 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga.....	145
Tabla 72 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga	146
Tabla 73 Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la betarraga	147
Tabla 74 Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento del rabanito ...	149
Tabla 75 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento del rabanito	150
Tabla 76 Análisis de varianza de la primera evaluación de altura del rabanito..	151

Tabla 77 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura del rabanito.....	152
Tabla 78 Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura del rabanito .	153
Tabla 79 Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito	155
Tabla 80 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito	156
Tabla 81 Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento del rabanito/unidad experimental.....	157
Tabla 82 Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de rendimiento del rabanito/unidad experimental.....	158
Tabla 83 Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) del rabanito	159
Tabla 84 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de rabanito	160
Tabla 85 Análisis de varianza de la evaluación de materia seca del rabanito.....	161
Tabla 86 Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de materia seca del rabanito	162
Tabla 87 Propiedades físicas de los suelos	163
Tabla 88 Relación de textura con la densidad aparente	165
Tabla 89 Propiedades químicas de los suelos	167
Tabla 90 Propiedades biológicas de los suelos	188

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema de distribución de campo experimental aleatorio	72
Figura 2 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la lechuga.....	82
Figura 3 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la lechuga	84
Figura 4 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la lechuga	86
Figura 5 <i>Comparación de medias por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la lechuga</i>	88
Figura 6 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la lechuga.....	90
Figura 7 Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de diámetro de la lechuga	92
Figura 8 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental	94
Figura 9 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga.....	96
Figura 10 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la lechuga.....	98
Figura 11 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la albahaca.....	100

Figura 12 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la albahaca	102
Figura 13 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la albahaca.	104
Figura 14 Comparación de medidas de Duncan (0,05) por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la albahaca	106
Figura 15 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la albahaca.....	108
Figura 16 Comparación de medias de Duncan (0,05) de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca.....	110
Figura 17 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la albahaca/unidad experimental	112
Figura 18 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca	114
Figura 19 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la albahaca	116
Figura 20 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento de la espinaca.....	118
Figura 21 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la espinaca	120
Figura 22 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la espinaca	122
Figura 23 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la espinaca	124

Figura 24 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la espinaca	126
Figura 25 Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de diámetro de la espinaca	128
Figura 26 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la espinaca/unidad experimental.....	130
Figura 27 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca	132
Figura 28 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de materia seca de la espinaca	134
Figura 29 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la betarraga	136
Figura 30 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la betarraga	137
Figura 31 Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la betarraga	139
Figura 32 Comparación de medias por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la betarraga	140
Figura 33 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de raíz de la beterraga	142
Figura 34 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la betarraga/unidad experimental	144
Figura 35 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga	146

Figura 36 Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la betarraga	148
Figura 37 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento del rabanito	150
Figura 38 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura del rabanito.....	152
Figura 39 Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de altura del rabanito.....	154
Figura 40 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito.....	156
Figura 41 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento del rabanito/unidad experimental	158
Figura 42 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) del rabanito.....	160
Figura 43 Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de materia seca del rabanito.....	162
Figura 44 Resultado de densidad aparente de muestras de suelo por tratamiento	165
Figura 45 Resultado de porosidad de muestras de suelo por tratamiento suelos	166
Figura 46 Resultado de pH de muestras de suelo por tratamiento.....	169
Figura 47 Resultado de conductividad eléctrica de muestras de suelo por tratamiento.....	170
Figura 48 Resultado de materia orgánica de muestras de suelo por tratamiento	171
Figura 49 Resultado de nitrógeno de muestras de suelo por tratamiento	173

Figura 50 Resultado de fósforo de muestras de suelo por tratamiento	174
Figura 51 Resultado de potasio de muestras de suelo por tratamiento	175
Figura 52 Resultado de relación carbono/nitrógeno (C/N) de muestras de suelo por tratamiento.....	177
Figura 53 Resultado de capacidad de intercambio catiónico (CIC) de muestras de suelo por tratamiento.....	178
Figura 54 Resultado de CIC Ca ⁺⁺ de muestras de suelo por tratamiento.....	179
Figura 55 Resultado de CIC Mg ⁺⁺ de muestras de suelo por tratamiento.....	180
Figura 56 Resultado de CIC K ⁺ de muestras de suelo por tratamiento.....	181
Figura 57 Resultado de CIC Na ⁺ de muestras de suelo por tratamiento	181
Figura 58 Resultado de relación de bases de cambio Ca/Mg de muestras de suelo por tratamiento	183
Figura 59 Resultado de relación de bases de cambio Mg/K de muestras de suelo por tratamiento.....	184
Figura 60 Resultado de relación de bases de cambio Ca+Mg/K de muestras de suelo por tratamiento	185
Figura 61 Resultado de relación de bases de cambio Ca/K de muestras de suelo por tratamiento.....	186
Figura 62 <i>Resultado de relación de PSI de muestras de suelo por tratamiento .</i>	187
Figura 63 Resultado de bacterias totales de muestras de suelo por tratamiento .	189
Figura 64 Resultado de bacterias aeróbicas totales de muestras de suelo por tratamiento.....	191
Figura 65 Resultado de Actinomicetos de muestras de suelo por tratamiento ...	192
Figura 66 Resultado de Lactobacilos de muestras de suelo por tratamiento	193

Figura 67 Resultado de bacterias fosfatosolubilizadoras de muestras de suelo por tratamiento.....	194
Figura 68 Resultado de fijadores de nitrógeno de vida libre de muestras de suelo por tratamiento	195
Figura 69 Resultado de levaduras de muestras de suelo por tratamiento	197
Figura 70 Resultado de Fusarium sp. de muestras de suelo por tratamiento	198
Figura 71 Resultado de Rhizopus sp. de muestras de suelo por tratamiento	199
Figura 72 Resultado de Mucor sp. de muestras de suelo por tratamiento.....	201
Figura 73 Resultado de Pythium spp. de muestras de suelo por tratamiento.....	202
Figura 74 Resultado de Trichoderma sp. de muestras de suelo por tratamiento	203

CONTENIDO DE ECUACIONES

	Pág.
[Ecuación 1.] Fórmula de Porosidad de suelo.....	20
[Ecuación 2.] Fórmula de densidad real del suelo	22
[Ecuación 3.] Fórmula de densidad aparente del suelo.....	24
[Ecuación 4.] Fórmula de diseño de bloques completamente al azar	70

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Fotografía 1. Traslado de enmiendas.	229
Fotografía 2. Labores culturales.....	229
Fotografía 3. Toma de muestra de suelo para análisis en laboratorio.....	230
Fotografía 4. Preparación de terreno.....	230
Fotografía 5. Preparación de terreno.....	231
Fotografía 6. Preparación de las enmiendas.....	231
Fotografía 7. Preparación de <i>Bacillus thuringiensis</i> para controlar plagas y enfermedades.....	232
Fotografía 8. Distribución de bloques en el campo experimental.....	232
Fotografía 9. Prendimiento de cultivo de lechuga.	233
Fotografía 10. Evaluación de crecimiento de cultivo de lechuga.	233
Fotografía 11. Cosecha de cultivo de lechuga.	234
Fotografía 12. Materia seca.....	234
Fotografía 13. Plantación de cultivo de rabanito.	235
Fotografía 14. Prendimiento de cultivo de rabanito.....	235
Fotografía 15. Evaluación de diámetro del bulbo.	236
Fotografía 16. Evaluación de diámetro de cultivo rabanito.	236
Fotografía 17. Cosecha a los 30 días.....	237
Fotografía 18. Se realizó la toma de muestras cada uno de 5 frutos.....	237
Fotografía 19. Plantación.	238
Fotografía 20. Evaluación de crecimiento.	238
Fotografía 21. Cosecha Albahaca.	239

Fotografía 22. Evaluación de secado.	239
Fotografía 23. Plantación de cultivo de espinaca.....	240
Fotografía 24. Evaluación de crecimiento.	240
Fotografía 25. Cosecha de espinaca.	241
Fotografía 26. Se recogió la muestra para realizar el secado.	241
Fotografía 27. Plantación de beterraga.....	242
Fotografía 28. Evaluación de altura de planta de beterraga.....	242
Fotografía 29. Cosecha de beterraga.	243
Fotografía 30. Secado en microondas de beterraga.	243

RESUMEN

La presente investigación se centró en la comparación de la efectividad del uso de microorganismos eficientes para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo agrícola perteneciente al valle viejo de Tacna. La experimentación se llevó a cabo durante los meses de octubre a diciembre del año 2021 realizándose en una parcela ubicada en el sector de Para Chico, Tacna. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos (T1: Microorganismos eficientes - EM, como producto comercial; T2: Microorganismos eficientes nativos del desierto - MENDE y T3: Testigo sin aplicación de microorganismos) aplicándose en cinco cultivos de hortalizas: lechuga, albahaca, espinaca, betarraga y rabanito. Como resultados se encontró que los microorganismos que mejoraron de forma óptima las propiedades físicas, químicas y biológicas en el suelo fueron los provenientes del T3 que correspondía a los microorganismos nativos del suelo de la parcela y que fueron promovidos a través del descanso de la tierra durante varios años, bajo ciertas condiciones de este terreno experimental.

Palabras claves: Microorganismos eficientes, propiedades de los suelos, cultivos de hortalizas.

ABSTRACT

The present investigation focused on the comparison of the effectiveness of the use of effective microorganisms to improve the physical, chemical and biological properties of agricultural soil belonging to the old valley of Tacna. The experimentation was carried out during the months of October to December of the year 2021, carried out on a plot located in the Para Chico sector, Tacna. A Randomized Complete Block Design (DBCA) was used with three treatments (T1: Efficient microorganisms - EM, as a commercial product; T2: Efficient microorganisms native to the desert - MENDE and T3: Control without application of microorganisms) applied to five vegetable crops: lettuce, basil, spinach, beetroot and radish. As results, it was found that the microorganisms that optimally improved the physical, chemical and biological properties in the soil were those coming from T2 that corresponded to the native microorganisms of the soil of the plot and that were promoted through the rest of the land during several years, under certain conditions of this experimental ground.

Key words: Efficient microorganisms, soil properties, vegetable cultivation.

INTRODUCCIÓN

Se trabajó la presente investigación concerniente al tema de los microorganismos agrícolas y su impacto en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados, los cuales son considerados como los componentes del suelo con menos estudios y valor; sin embargo, estos tienen enorme impacto en la fertilidad de un suelo agrícola. De ese modo, ocurre que la agricultura moderna más se ha preocupado de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, dejando de lado la profundización del conocimiento y la medición del efecto de los microorganismos del suelo para el mejoramiento de la productividad y calidad de los cultivos.

Desde los años ochenta que los japoneses han desarrollado la tecnología denominada “Microorganismos Eficientes”, también conocidos como EM (siglas en inglés), a partir del trabajo del Dr. Teruo Higa, el cual consistió en la producción y utilización de microorganismos benéficos en el suelo, siendo catalogados por la empresa como 80 tipos de microorganismos que componen el EM. Posteriormente se han empezado a trabajar con microorganismos eficientes nativos, extraídos de ecosistemas naturales o agroecosistemas sostenibles y que han venido demostrando tener muy buenos resultados en los suelos cultivados.

La finalidad de la investigación alude al interés de conocer del efecto que tienen los EM comerciales y nativos en el mejoramiento de las principales propiedades de los suelos (físicas, químicas y biológicas), permitiendo así

identificar la relación de los microorganismos con el mejoramiento de la fertilidad de un suelo agrícola. Adicionalmente, se buscó medir el efecto de los EM en las propiedades de los suelos bajo el manejo agronómico orgánico de cinco cultivos de hortalizas siendo: lechuga, albahaca, espinaca, betarraga y rabanito.

En el marco metodológico, la investigación se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, llevándose a cabo en un campo productivo del sector de Para Chico en el valle viejo de la ciudad de Tacna. Los tres tratamientos consistieron en aplicar los microorganismos eficientes comerciales EM, los microorganismos eficientes nativos MENDE y un testigo sin aplicación de tratamiento. Luego fue aplicado en cada tratamiento un sistema de producción orgánico de policultivo con cinco hortalizas: lechuga, albahaca, espinaca, betarraga y rabanito. Los objetivos planteados para la investigación fueron:

Comparar el efecto de los microorganismos eficientes en el mejoramiento de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el valle viejo Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Determinar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades físicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Especificar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades químicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Indicar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades biológicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Definir los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de la productividad del cultivo de hortalizas en condiciones del valle viejo de Tacna.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática.

En los últimos cien años, el crecimiento poblacional ha sido inminente a nivel mundial, producto de ello la agricultura tuvo un gran avance, priorizando a la utilización de insumos químicos que ha permitido un alto desarrollo de la productividad de los cultivos. Si bien esta tecnología ha permitido el desarrollo de la agricultura también ha mejorado el acceso de los alimentos a la población mundial. Sin embargo, se han presentado efectos negativos como la contaminación ambiental en los factores abióticos como se puede mencionar el incremento de los problemas fitosanitarios, erosión y pérdida de fertilidad del suelo

Actualmente en el valle viejo de Tacna, se muestra estos efectos por la aplicación de esta tecnología, como la disminución gradual de la productividad (rendimiento) en distintos cultivos hortícolas de la zona siendo causada por el desinterés y poca importancia que agricultores le dan al suelo; por lo tanto, atribuyen vulgarmente a que “los suelos estén cansados”.

Ante ello, evidencias científicas han demostrado que el uso extensivo de fertilizantes químicos tiene un impacto negativo directo en las propiedades físicas, químicas y biológicas de las tierras agrícolas.

1.2 Objetivos de la investigación.

1.2.1 Objetivo general.

Comparar el efecto de los microorganismos eficientes en el mejoramiento de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el valle viejo Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

1.2.2 Objetivos específicos.

Determinar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades físicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Especificar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades químicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Indicar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades biológicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Definir los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de la productividad del cultivo de hortalizas en condición del valle viejo de Tacna.

1.3 Hipótesis de la investigación.

1.3.1 Hipótesis general.

Los microorganismos eficientes influyen en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

1.3.2 Hipótesis específicas.

Los microorganismos eficientes mejoran las propiedades físicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Los microorganismos eficientes mejoran las propiedades químicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Los microorganismos mejoran las propiedades biológicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas.

Los microorganismos eficientes mejoran la productividad del cultivo de hortalizas en condiciones del valle viejo de Tacna

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Nivel local y regional.

Agregar un 10 % de EM redujo el tiempo de compostaje en 49 días, un 5 % en 56 días y ninguna adición en 89 días. Por lo tanto, su uso puede afectar la reducción del tiempo de preparación del compost de residuos sólidos orgánicos. (Machaca, 2017).

El efecto del uso de EM y su frecuencia mostró que el rendimiento cultivado de vid cv Red Globe alcanzó los 24 965,26 kg/ha frente a los 19 459,71 kg/ha del testigo. Además, se obtuvieron mayores rendimientos con una dosis combinada de 8 L/ha y una frecuencia de 7 días (Álvarez, 2017).

La variedad con mayor rendimiento de alimento fue Opaco Malpaso con un total de 86.91 ton/a, empleando una dosis del 10 % de EM. Después de aplicar 5 % de EM, el rendimiento de forraje alcanzó 78,63 t/a, superando a otras variedades. (Zeballos, 2015).

2.1.2 Nivel nacional.

El objetivo fue evaluar el potencial de diferentes dosis de microorganismos altamente efectivos para afectar la producción de caigua en Tarapoto. Se utilizó el producto comercial Ferti EM a diferentes plantas tratadas a una dosis de 1 000 kg/ha-1 resultando ser el tratamiento más apropiado porque influyó en el incremento del rendimiento llegando a obtener un rendimiento de 59 086,53 kg/ha, lo que da un beneficio/costo de 0,73 y un beneficio neto de S/. 12 489,54 nuevos soles (Ríos, 2017).

Con el propósito de conocer el efecto de microorganismos eficientes en la química del suelo en la región Coata - Puno se utilizaron diferentes dosis de ME. Los resultados indicaron que la tecnología del uso de ME es muy activo en el mejoramiento de la química del suelo en el área de Coata - Puno, además las dosis utilizadas tuvieron una influencia directa en las propiedades químicas del suelo (Coarite y Masco, 2019).

Se han obtenido resultados totalmente satisfactorios utilizando microorganismos comercialmente efectivos (MEC) y microorganismos efectivos

naturales (MEN). Utilizando MEN se logró un 13,234 % de relación C/N, 0,4213 % de potasio (K_2O), 0,4057 % de nitrógeno total, 0,0325 % de fósforo (P_2O_5) y una preparación del compost de 31 días.; Por otro lado, el tratamiento MEC logró 14,637% de relación C/N, 0,4337% de potasio (K_2O), 0,3260% de nitrógeno total, 0,0382% de fósforo (P_2O_5) y un tiempo de maduración del compost de 28 días. Se terminó concluyendo que el compost preparado con microorganismos eficientes comerciales (MEC) contiene mejor calidad (Maldonado, 2020).

El uso de enmiendas y microorganismos que prosperan la calidad del suelo es de importancia. Es por ello que se resalta el empleo de enmiendas orgánicas al contribuir en el contenido de residuos orgánicos e incrementar la conductividad eléctrica y nutrientes (NPK) los cuales son indicadores de mejora de las condiciones de suelo.

2.1.3 Nivel internacional.

La agricultura tradicional cumple la función de reestablecer los insumos necesarios en la nutrición humana. Sin embargo, lo que afecta negativamente el equilibrio del ecosistema es el uso de fertilizantes sintéticos; por ello, el uso de biofertilizantes contribuye a disminuir los efectos negativos de las prácticas convencionales (Orbe, 2017).

En la superficie del suelo y las capas orgánicas en los ecosistemas naturales se encuentran microorganismos que nos permiten ser utilizados para la mejorar la actividad microbiana del suelo. Por ejemplo, la aplicación de microorganismos de

montaña (MM) en el proceso de compostaje obtiene como resultado la reducción del tiempo en que la materia orgánica se descompone cuando se aplica a las plantas. De tal manera, el uso de MM puede ser una oportunidad agroecológica a emplearse como inversión en un modelo agrícola sostenible. (Silva, 2019).

El agua de riego al 5 % proporciona una mejor intercambiabilidad (CIC) en una mezcla de fertilizantes orgánicos aumentados (con mayor frecuencia mantillo y estiércol de pollo) a 1 libra de cada dosis y un fertilizante químico combinado de urfos 44 (166,66 g), klipboro (5 g), zinc (0,0001f), cobre (0,0002 g) y manganeso electrolítico (0,0002 g) (Díaz et al., 2019).

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Microorganismos eficientes.

Un microorganismo efectivo, conocido también en inglés como “Effective Microorganism” por sus siglas “EM”, es una mezcla de distintos microorganismos benéficos cuya procedencia es natural, ya que no son modificados genéticamente y se encuentran en todos los ecosistemas, pero se aplica una compatibilidad fisiológica entre los mismos (Kusaka y Ortega, 2006).

Los EM fueron desarrollados por el Dr. Theuro Higa, a partir de sus estudios en las funciones particulares de varios microscópicos teniendo resultado altamente positivo. Desde entonces esta tecnología fue investigada y desarrollado para aumentar la diversidad de microorganismos beneficiosos y microbios del suelo

para ser aplicados en la mejora en el rendimiento, crecimiento y calidad de los cultivos (Enríquez y Viera, 2010).

2.2.2 Importancia de microorganismos eficientes en el suelo.

Los EM son vitales en el ciclo de conversión de materia y energía puesto que cumplen el rol de descomponer los desechos de plantas y animales transformándolos en nutrientes necesarios para el metabolismo, y a su vez se encargan de generalas sustancias y minerales que se convertirán en la fuente de alimentación para otras especies en distintos ciclos (Cánovas, 1993).

2.2.3 Historia de los microorganismos eficientes.

Los EM fueron creados durante la década de los 70 por el Dr. Teruo Higa bajo las investigaciones que realizaba, surgiendo como un producto proveniente de un cultivo bacteriano (De Freitas et al.,1997). La investigación de Higa comenzó a desarrollar la óptima combinación hasta que introdujo EM como un acondicionador de suelo en 1982, 14 años después de que comenzara su investigación. A partir de ello, estos microorganismos desarrollaron una sinergia metabólica que les permitió ser empleados en distintos rubros de investigación e ingeniería (García, 2000).

2.2.4 Clasificación de microorganismos eficientes.

Los tipos de microorganismos existentes en el suelo y sus funciones en beneficio de los cultivos según Silva (2019) y Navarro y Navarro (2003) son:

2.2.4.1 Bacterias.

Son importantes porque producen cambios químicos en su entorno, algunos producen nutrientes a partir de sustancias químicas y otros absorben materia orgánica. Las bacterias son esenciales para la vida ya que cumplen la función de generar nutrientes para las plantas a partir de su función de descomponer la materia presente en el suelo (Paniagua, 2008).

2.2.4.2 Protozoarios.

Ayudan a convertir los nutrientes accesibles en el suelo para las plantas, sirviendo del mismo modo como alimento para otros microorganismos en el suelo (Porta, 2003).

2.2.4.3 Nematodos.

Cumplen un papel importante en el equilibrio de la población microbiana. Tienen múltiples funciones como la transformación de los minerales, sirven como fuente alimenticia para otros organismos, regulan las poblaciones de microorganismos y algunos son parásitos de insectos (Porta, 2003).

2.2.4.4 Actinomicetos del suelo.

Se estima que conforman entre el 10 % al 50 % dentro de la comunidad de microorganismos del suelo. Estos microorganismos resaltan por su rol en la

transformación del humus presente en el suelo dado a que son altamente eficientes en la formación de agregados (Porta, 2003).

Fácilmente están presentes en los residuos de cultivos, por ello se resalta la acción de no quemar los residuos de cultivos. Thurston (1997) destaca para la alimentación de las plantas los del género *Frankia*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Actinomyces*, *Thermoactinomyces* y *Micromonospora*.

2.2.4.5 Hongos del suelo.

Consideramos como microorganismos con alta actividad en las plantas, estos se nutren a partir de compuestos azúcares y aminoácidos capturados de las raíces, aunque también pueden vivir realizando un proceso de simbiosis con las raíces (micorrizas) (Gómez y Estrada, 2005). Dentro de los más resaltantes se tienen a los *Trichoderma*, que promueven la conservación de la humedad en las raíces a pesar de estar en condiciones secas, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Aspergillus*, los cuales movilizan nitrógeno y fósforo del suelo (Foth, 1987).

2.2.4.6 Microorganismos fijadores de nitrógeno.

La mayoría de los organismos no pueden metabolizar el nitrógeno, por lo que las plantas deben convertirlo en compuestos asimilables y metabolizables. Por tanto, resulta fundamental la conversión del nitrógeno, como el amoníaco, en formas asimilables para el desarrollo de las plantas. Se puede mencionar a las del género *Azomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Derrxia*, *Nitrobacter*,

Nitrosomonas, *Nitrosococcus* y *Oscillatoria* como las bacterias aerobias fijadoras de nitrógeno, siendo la principal la *Nitrobacter* al tener la característica de ser fijadora de nitrógeno atmosférico (Fitz, 1984).

2.2.4.7 *Microorganismos simbióticos fijadores de nitrógenos.*

La simbiosis entre microorganismos y plantas se basa en que los primeros obtienen hidratos de carbono de la planta, mientras que los segundos aportan nitrógeno a la planta tras su muerte. Esta acción de carácter mutualista es altamente beneficiosa para la misma planta y las bacterias fijadoras de nitrógeno, pudiendo darse hasta en rizobacterias y las nitro fijadoras no simbióticas, al generarse suministro de energía mutua (Fitz, 1984).

2.2.4.8 *Microorganismos que transforman el fósforo.*

Siendo el fósforo un elemento esencial para el desarrollo y fortalecimiento de las plantas, este se diversifica en fósforo inorgánico y fósforo orgánico. El primero se refiere al fósforo en estado mineral, mientras que el segundo se refiere al fósforo ligado o compuesto con materia orgánica. Dentro de este grupo se menciona a los hongos *Rhizopus*, *Aspergillus* y *Penicillium*; las bacterias *Bacillus* y *Pseudomonas*; y, por último, las levaduras *Saccharomyces* y *Rhodotrula* (Fassbender y Bormesza, 1987).

2.2.4.9 *Microorganismos que transforman azufre.*

Se presenta el azufre en formas orgánicas e inorgánicas que son interconvertibles en ciclos biogeoquímicos que consisten en flujos y reacciones que ocurren en ambientes acuáticos terrestres y la atmósfera. Los microorganismos descomponen la materia orgánica y descomponen los aminoácidos en sulfatos. Se puede mencionar a las bacterias *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Azotobacter*, también a los hongos *Aspergillus* que participan efectivamente en la transformación del azufre (Fankem et al., 2006).

2.2.4.10 *Microorganismos que movilizan el potasio.*

El potasio permanece en la solución del suelo, formando iones intercambiables, se fija entre capas de silicatos vegetales o forma parte de minerales como el feldespatos y la mica. Este elemento está presente en el suelo junto con otros elementos y puede ser liberado por erosión o por la acción de ácidos orgánicos y polisacáridos de origen microbiano (Fankem et al., 2006).

2.2.4.11 *Micorrizas.*

Las micorrizas, o asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y hongos, fueron descubiertas por el botánico Franciszek Dionizy Kamiński en 1882. Estas conforman ampliamente el ecosistema del suelo, dentro de su alimentación consumen azúcares de las raíces de las plantas, y producen una amplia variedad de nutrientes (calcio, azufre, nitrógeno, potasio, fósforo, etc.) en su sistema vascular (Camargo, 2009).

2.2.4.12 Efectos de microorganismos eficientes.

Los EM están compuestos por distintos microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, las cuales se localizan en ecosistemas naturales y se aplican como inoculante con la función de optimizar el suelo obteniendo altos rendimientos. En su medio natural se produce a partir de la descomposición de la materia orgánica necesario para el crecimiento de la flora (cerros, bosques mixtos, plantaciones de diversos vegetales) (Suchini, 2012).

Según el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales – IDIAF (2009) y Silva (2019), los efectos de los EM sobre las plantas y el suelo son:

2.2.4.13 Efectos en las plantas.

Crean un mecanismo para suprimir los patógenos (enfermedades y plagas) de las plantas formando una resistencia sistémica en los cultivos. Consumen las secreciones de la planta, es decir frutos, flores, hojas o raíces residuales. Otro aspecto positivo es que fortalece el crecimiento haciendo que aumente la productividad y calidad de los cultivos ya que optimiza la aparición de flores y frutos siendo más alta la maduración de las plantas debido a consecuencias hormonales en las zonas meristemáticas (Ansorena, 2005).

2.2.4.14 Efectos en el suelo.

Los efectos de los EM se reflejan en la optimización de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; además de suprimir diversos patógenos (Ansorena, 2005).

2.2.4.15 Efectos en las condiciones físicas del suelo.

Presenta un efecto muy amplio acondicionando la agregación de las partículas y la estructura del suelo; además, disminuye la compactación y aumenta el espacio poroso lo que se refleja en una alta mejora en cuanto a la filtración de agua, ya que permite una absorción de agua 24 veces más potente en el suelo, y crea una mejor resistencia a la erosión (Biasney et al., 2006).

2.2.4.16 Efectos en las condiciones químicas del suelo.

Cumpliendo un rol importante en la disolución de nutrientes, lo que mejora la calidad del suelo. Los ME descomponen las moléculas que los mantienen unidos, lo que permite que los elementos se transformen en complejos de mayor afinidad, lo que facilita su absorción por las raíces de las plantas (Biasney et al., 2006).

2.2.4.17 Efectos en la microbiología del suelo.

La principal función que cumple es controlar el número de microorganismos patógenos que proliferan en el medio (suelo – planta) e incrementar la variedad

biológica de microorganismos creando un medio que tiene las condiciones necesarias para la reproducción de los EM (Biasney et al., 2006).

2.2.5 Microorganismos eficientes nativos o de montaña.

Está conformado por un grupo de hongos y bacterias que actúan de manera sinérgica en conjunto, estos son ampliamente diversos y se capturan a partir del mismo medio (suelo). Los microorganismos de montaña acatan la función de transformar la materia orgánica haciendo que los nutrientes del suelo se encuentren en mayor disponibilidad para las plantas (Chappa y Ávila, 2014).

2.2.5.1 Métodos de captura y propagación de microorganismos eficientes nativos o microorganismos montaña.

Para capturar microorganismos nativos de suelo primero se selecciona un área adecuada donde se instalará trampas con un sustrato adecuado que permita su apresamiento, potenciación y reproducción, posteriormente será utilizados en el proceso productivo (Acuña, 2002; Cánovas, 1993).

Kusaka y Ortega (2006) y Restrepo (2001) indican los siguientes métodos de captura:

2.2.5.2 Selección del área de captura.

Dicha área debe tener una gran población de vegetación, preferiblemente árboles y arbustos. Además, se deberá tener en cuenta la situación de las especies vegetales del sector seleccionado, como su sanidad y buen desarrollo, resultado de la interacción con los microorganismos del suelo.

2.2.5.3 Colocación de trampas.

Seleccionado el lugar y área, se procede a la colocación de las trampas. Cada trampa tendrá un medio conformado por arroz cocido sin sal mezclado con melaza. Luego será distribuido en varios recipientes de plástico, que serán cubiertos con un nylon bien asegurado.

2.2.5.4 Cosecha.

A las dos semanas de haber instalado las trampas, se observarán que el arroz se cubre por colonias de microorganismos de diferentes colores. Luego todo el contenido del arroz de las trampas, se mezcla y se licua para obtener una masa homogénea.

2.3 Propiedades del suelo

El suelo está conformado por materia orgánica, agua, aire, minerales y organismos vivos, aunque el nivel de estos no es el mismo en la mayoría de suelos variando por localización. Es importante resaltar que la estructura física y química del suelo es debido a los distintos materiales geológicos que a lo largo del tiempo han ido

formándose por la topografía, los cambios a causa del intemperismo, es decir la desintegración debido a agentes atmosféricos y por cambios antropomórficos (acciones del hombre) (Chappa y Ávila, 2014).

2.3.1 Propiedades físicas del suelo.

Las cualidades físicas del suelo cumplen el rol de transferir agua, aire, calor y sustancias solubles en medio del suelo. Estas propiedades se alteran por las actividades agrícolas, haciéndolos menos permeables y vulnerables a la escorrentía y al daño por erosión. Según Henríquez et al. (1999) y Sánchez (1981) las propiedades físicas del suelo son:

2.3.1.1 Textura de los suelos.

Constituida por partículas menores de un tamaño de 2 mm clasificados como: Arcilla, limo y arena. Es importante conocer la textura del suelo porque nos permitirá estimar las propiedades generales del suelo y realizar ajustes al momento del manejo siendo necesario para la labranza, riego y fertilización. Además, la tierra se evalúa y valora en función de su disponibilidad (Gómez y Zabala, 2001).

2.3.1.2 Estructura de los suelos.

Hace referencia a la dimensión y forma de las partículas primarias que constituyen las partículas compuestas. Una buena estructura dependerá de la celeridad con que el aire y agua se desplazan en el suelo (Sánchez, 1981).

2.3.1.3 Clasificación de la estructura.

De acuerdo al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO (2001) se puede encontrar las siguientes estructuras:

A. Granular.

Estos presentan una forma redondeada desligándose fácilmente por lo que se encuentran mayormente sueltos.

B. Prismático.

Estos presentan una forma de columnas verticales, proliferan en los horizontes inferiores de mayor manera en las regiones áridas y semiáridas.

C. Laminar.

Estos presentan una forma horizontal laminada, proliferan mayormente en el subsuelo y suelos vírgenes.

D. Cuboides.

Estos presentan una forma rectangular, proliferan mayormente en los horizontes inferiores.

2.3.1.4 Porosidad del suelo.

Hace referencia al espacio total que el mineral, materia sólida u orgánica no ocupa. Durante un muestreo, el resultado cambia si el espacio es cedido ante la presencia de aire o agua (Gómez y Zabala, 2001). De tal manera, se calcula en función a la densidad aparente y la densidad real, el resultado obtenido se categoría en una tabla de clasificación que identifica la similitud en la propiedad física (tabla 1). La siguiente ecuación se utiliza para medir la porosidad del suelo.

Fórmula:

$$Pt = 1 - (da/dr) \text{ o } Pt = [1 - (da/dr)] \times 100 \quad \text{[Ecuación 1.]}$$

Dónde:

Pt = porosidad total

da = densidad aparente

dr = densidad real

Tabla 1

Clasificación de la porosidad

Unidad (%)	Propiedades
< 40	Muy bajo
40 - 45	Bajo
45 - 55	Medio
55 - 65	Alto
> 65	Muy alto

Nota: Cairo (1995) citado por Castillo (2005)

2.3.1.5 Factores que afectan la porosidad.

Foth (1987) señala los siguientes:

A. *Materia orgánica de los suelos.*

La presencia y cantidad de materia orgánica repercute altamente en la estructura y porosidad del suelo dado a sus propiedades de fijación.

B. *Estructura.*

Se resalta que la presencia de gránulos en el suelo tiene un efecto de aumento en la porosidad haciendo que disminuya su densidad aparente. También el mal estado de la estructura de un suelo resulta en la compactación de capas con espacio poroso reducido.

C. *La textura.*

El suelo de textura fina tiene mayor porosidad que el suelo de textura gruesa.

El suelo arcilloso alcanza más del 55 % de porosidad, el suelo arcilloso alcanza el 50 % y el suelo arenoso tiene un 40 %.

D. *Actividad biológica.*

Otro factor que influye en esta propiedad es la mesofauna a partir de macroorganismo como lombrices, insectos, entre otros.

2.3.1.6 Densidad aparente (Da).

Se refiere a la cantidad de masa de suelo en cuanto a unidad de volumen siendo medido en g/cm³ o t/m³ (Foth, 1987). Es una propiedad importante dado a que permite conocer el estado físico del suelo, se puede observar en la tabla 2 la distribución de la densidad aparente del suelo la cual se halla mediante la ecuación siguiente ecuación:

Fórmula:

$$Da = Pss / Vt ;(g/cm3)$$

[Ecuación 2.]

Dónde:

Da = densidad aparente

Pss= peso solido seco

Vt= volumen total

Tabla 2

Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (Da) g/cm ³	Clasificación
< 1,0	Muy bajo
1,0 – 1,2	Bajo
1,2 – 1,45	Medio
1,45 – 1,60	Alto
>1,60	Muy alto

Nota: Cairo (1995) citado por Castillo (2005)

2.3.1.7 Factores que afectan la densidad aparente de los suelos.

De acuerdo con Aguilera et al. (1990) estos son:

A. Materia orgánica.

Debido a que facilita el incremento de la granulación en la estructura de los suelos lo que ocasiona una disminución de la densidad aparente por el aumento de la porosidad que ocasiona.

B. Textura.

Estando directamente relacionada y vinculada a la densidad aparente.

C. Estructura.

Se resalta que la presencia de gránulos en el suelo tiene un efecto de disminución de la densidad aparente esto debido al aumento en la porosidad que ocasiona. También el mal estado de la estructura de un suelo resulta en la compactación de capas con espacio poroso reducido.

D. Compactación.

Actuando en efecto a la compactación del suelo haciendo que aumente la densidad aparente por la disminución de la porosidad.

Tabla 3

Densidad aparente según la textura

Textura	Densidad aparente (g/cm³)
Arena	1,6 a 1,7
Francos	1,3 a 1,4
Arcillas	1,0 a 1,2
Suelos orgánicos	0,7 a 1,0

Nota: Aguilera et al. (1990)

2.3.1.8 Densidad real (Dr).

La densidad de un suelo existe un enlace entre su masa seca (Pss) y su volumen real, o conocido también como volumen de partículas (Vp). Es generalmente expresado en unidades de g/cm³ (Foth, 1897).

Fórmula:

$$Dr = Pss / Vp \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{[Ecuación 3.]}$$

Dónde:

Da = densidad aparente

Pss= peso solido seco

Vt= volumen total

Tabla 4*Clasificación de la densidad real de los suelos*

Densidad real (g/cm ³)	Clasificación
3 < 2,4	Muy bajo
2,4 – 2,60	Bajo
2,60 – 2,80	Alto
>2,80	Muy alto

Nota: Cairo (1995) citado por Castillo (2005)

Tabla 5*Densidad real optima de algunos constituyentes de suelos*

Componentes del suelo	Densidad real (g/cm ³)
Humus	1,3 – 1,5
Arcilla	1,2 – 2,6
Cuarzo	2,5 – 2,8
Hematinas	4,9 – 5,3

Nota: Cairo (1995) citado por Castillo (2005)

2.3.1.9 Color del suelo.

Siendo una propiedad que indica visiblemente otras características del suelo, es por ello que el color en el suelo ayuda a identificar su composición y/o la presencia de ciertos compuesto (Gyaneshwar et al., 2002).

Goites (2008) y Hamasaki et al. (1994) mencionan como ejemplos que la aparición de un color rojizo es debido a la presencia de hierro oxidado lo que indica que el suelo ha sido aireado y/o altamente meteorizado. En cambio, la presencia de un color amarillento es causada por la composición de hierro elevadamente oxidado e hidratado (limonita).

Otro color que suele presentar es el gris y gris verdoso, siendo el primero por la composición principal de cuarzo (que suele ser de distintos tonos de gris claro) causado por el inicio de exposición a efectos de meteorización química y también una grave falta de materia orgánica, y el gris verdoso se presenta dado a la significativa disminución de hierro. Por último, el estado de un color oscuro en el suelo denota la alta presencia de materia orgánica pudiendo ser de color café causante por la presencia de turba o color negro por la presencia de humus (Hensel y Restrepo, 2013).

2.3.2 Propiedades químicas del suelo.

Hace referencia a la constitución de compuestos químicos en las propiedades del suelo, así como aquellas reacciones químicas que se presentaría por naturaleza (INTA/FAO, 2001).

2.3.2.1 pH del suelo.

El pH presenta un rango que va en una escala de 1 a 14. El suelo más adecuado para la agricultura está entre 5,5 y 6,5, en cuanto a bosques se puede utilizar un rango de

pH entre 3 a 8, pero también ocurre que algunas plantas no toleran la sal o ambientes de pH alto por encima de 8, como los cítricos; sin embargo, otras plantas como las palmas o los cocos son indulgentes. La tabla 6 muestra la clasificación de la acidez del suelo (Hossain et al., 2005).

Tabla 6

Clasificación de la acidez del suelo

Rango del pH (H₂O)	Clasificación
< 4,6	Extremadamente ácido
4,6 – 5,2	Muy frecuentemente ácido
5,2 – 5,6	Fuertemente ácido
5,6 – 6,2	Moderadamente ácido
6,2 – 6,6	Ligeramente ácido
6,6 – 6,8	Muy ligeramente ácido
6,8 – 7,2	NEUTRO
7,2 – 7,4	Muy ligeramente alcalino
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,8 – 8,4	Moderadamente alcalino
8,4 – 8,8	Fuertemente alcalino
8,8 – 9,4	Muy frecuentemente alcalino
>9,4	Extremadamente alcalino

Nota: Quintana et al. (1983)

2.3.2.2 *Materia orgánica de los suelos (MO).*

En el suelo la materia orgánica cumple un rol destacado ya que actúa como enlace entre las partículas del suelo formando uniones y complejos estructurales, conocidos también como agregados del suelo. Además, la MO le da al suelo una mayor capacidad infiltradora, dota de una mejor aireación y disuelve nutrientes (como fósforo) debido a su proceso de descomposición (Morgan et al., 1994). En la tabla 7 se muestra la clasificación que se le da al contenido de MO en los suelos agrícolas.

Tabla 7

Clasificación de la materia orgánica para suelos agrícolas

Rango (%)	Clasificación
< 2	Pobre
2 – 4	Medio
>4	Alto

Nota: Quintana et al. (1983)

2.3.2.3 *Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).*

Es una propiedad importante ya que hace referencia a la acción de retención y suministro de nutrientes con carga positiva (cationes). En el suelo, la arcilla y la materia orgánica actúan como intercambiadores (Navarro, 2003). En la tabla 8 se muestra la clasificación que se le da al contenido de CIC en los suelos agrícolas.

Tabla 8*Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico*

Rango de la CIC (meq/100g de suelo)	Clasificación
< 5	Muy bajo
5 – 15	Bajo
15 – 25	Media
25 – 40	Alto
>40	Muy alto

Nota: Quintana et al. (1983)

2.3.2.4 Conductividad eléctrica.

Se mide a través de una suspensión suelo - agua la cual indica la cantidad de sal presente en el suelo. Cabe resaltar que todo suelo contiene una baja concentración de sales ya que es vital para el desarrollo de las plantas; sin embargo, una elevada concentración tiene efectos negativos en el equilibrio del suelo pudiendo hasta inhibir el crecimiento de las raíces (Moreno, 2016). Generalmente se asocia los cationes de Ca²⁺, Mg²⁺, K, Na y H a la salinidad. En la tabla 9 se muestra la clasificación que se le da al contenido de CE en los suelos agrícolas, donde un valor entre 0 a 0,8 dS/m suele ser lo peculiarmente válido para la producción de cultivos.

Tabla 9*Interpretación de conductividad eléctrica*

C.E (mmhs/cm o dSm⁻¹)	Significado agronómico
< 2,0	Son nulos a efectos de salinidad
2 a 4	Son restringidos el rendimiento de cultivo más sensible.
4 a 8	Se acorta rendimientos de muchos cultivos
8 a 16	Solo cultivos tolerantes rinden
>16,0	Solo algunos cultivos que toleran y rinden prosperadamente

Nota: Lutens et al. (1999).

2.3.2.5 Carbonatos.

La presencia de carbonatos presenta efectos positivos sobre la actividad de microorganismos y la estructura del suelo; sin embargo, una elevación de este compuesto ocasiona déficit nutricional en las plantas ya que genera una resistencia en la adsorción de otros elementos (Parson, 1987).

De ese modo, un terreno con un pH próximo a 8 y rico en carbonato presenta este compuesto en forma de carbonato de calcio; en cambio, terrenos ricos también en carbonato, pero un pH por encima de 8,5 indica como compuesto dominante al sodio (Andrades y Martínez, 2014).

2.3.2.6 Relación carbono y nitrógeno.

La relación carbono/nitrógeno (C/N) es un parámetro que describe el nitrógeno y su relación con la materia orgánica. La relación C/N en suelos cultivados es casi siempre de 8:1 a 15:1, con un promedio de 10:1 a 12:1. Los valores más bajos se asocian con mayores cantidades de N inorgánico y mineral, especialmente NH_4 sólido. Se ha encontrado una relación exponencialmente inversa entre el pH y la relación C/N en suelos minerales arcillosos de los trópicos y otros lugares (Lu y Tian, 2017).

El valor de la relación C/N en plantas varía dependiendo de la especie y edad de la planta, en algunos casos valores desde 20:1 a 80:1, hasta 90:1 e incluso más en estiércol. Los cambios presentes en la relación C/N suelen surgir por el paso de tiempo de la planta (edad), las precipitaciones, la actividad microbiana, entre otros (Kanter, 2018). En la tabla 10 se proporciona una interpretación de la relación C/N del suelo.

Tabla 10

Interpretación de relación carbono nitrógeno

Valores	Significado
< 10	Excesiva liberación de nitrógeno
10 - 12	Normal liberación de nitrógeno
12 - 15	Escasa liberación de nitrógeno
>15	Muy escasa liberación de nitrógeno

Nota: Cross (1981)

2.3.2.7 Relación de absorción de sodio SAR o RAS.

La tasa de adsorción de sodio (SAR) es una de las medidas de riesgo más utilizadas en la dosificación del agua de riego, su cálculo está basado en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo que se halla en equilibrio con el agua de riego.

A partir de ello, cuan elevado sea el valor de SAR, mayor será el PSI en el suelo y más peligroso será su uso (Hossain, 2005). Y es importante mencionar que el PSI es concerniente al grado en que la estructura de adsorción del suelo está desplazada por sodio (Palacios et al., 1980).

2.3.2.8 Nitrógeno disponible en el suelo (N).

La disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo es directamente proporcional al contenido de MO. De tal manera, deficiencias de N se encuentran generalmente en suelos que sufren degradación por factores de manejo inadecuados y mínima disponibilidad de MO (INTA/ FAO, 2001).

Por ejemplo, cultivos como la caña de azúcar, banano, papa y ciertas hortalizas necesitan de elevadas cantidades de N para su desarrollo (Hensel y Restrepo, 2013).

En la tabla 11 se proporciona una interpretación del nitrógeno disponible en el suelo.

Tabla 11*Clasificación del nitrógeno disponible*

Rango (%)	Clasificación
< 0.07	Pobre
0.07 – 0.15	Medio
> 0.15	Alto

Nota: Quintana et al. (1983)**2.3.2.9 Fósforo disponible.**

El suelo está compuesto por pequeñas a moderadas cantidades de fósforo disponible. De tal manera, una opción altamente practicada es la fertilización con fosfato ya que investigaciones comprueban que la aplicación de fertilizantes de fósforo no afecta a los cultivos como por ejemplo al algodón, maíz, tomate, repollo en suelos con niveles de fósforo disponible superiores a 10 ppm de fósforo (Hao et al., 2003). De esta manera, en la tabla 12 se proporciona una interpretación del contenido de fósforo en el suelo.

Tabla 12*Clasificación del fosforo disponible*

Rango (ppm)	Clasificación
< 10	Pobre
10 – 20	Medio
< 20	Alto

Nota: Quintana et al. (1983)

2.3.2.10 Potasio disponible.

El potasio (K) es un elemento nutriente de suma relevancia para las plantas. En el suelo la concentración de K es variada, según la FAO (1996) una disponibilidad mayor de 1,5 meq/100 g ocasiona un desbalance en la fertilización y nutrientes ya que puede conducir a la deficiencia de otros elementos como el magnesio. En la tabla 13 se proporciona una interpretación del contenido de fósforo en el suelo.

Tabla 13

Clasificación del potasio disponible

Rango (meq/100g suelo)	Clasificación
< 0.2	Pobre
0.2 – 0.3	Medio
> 0.3	Alto

Nota: Quintana et al. (1983)

2.3.3 Propiedades biológicas del suelo.

En la mineralización se destaca la participación de los microorganismos del suelo debido a su rol de acción con distintos procesos que ayudan en la degradación de la MO, eficiencia del ciclo de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, formación de agregados y almacenamiento de P, S y N, todo esto en función a una contribución positiva en las propiedades del suelo (Bernal, 2006; Torres y Lizarazo, 2006). Con respecto a las características biológicas del suelo se debe considerar la

actividad enzimática, actividad microbiana y biomasa que son los factores que establecerán la calidad del suelo.

2.3.3.1 *Macrofauna del suelo.*

Compuesta por aquellos organismos que tienen la particularidad de estar en la totalidad o parcialidad de su tiempo en la superficie del suelo ya sea en distintos ecosistemas y/o hábitats, esto considera desde la microfauna hasta los vertebrados de tamaño mediano (Lavelle et al., 1994).

2.3.3.2 *Microfauna edáfica.*

Compuesta por organismos de tamaño menor a de 0,1 mm de ancho, su función principal es formar parte de la distribución de las comunidades microbianas y descomponer la MO.

Estos microorganismos son altamente competentes en la digestión de los compuestos orgánicos y algunos materiales inorgánicos como el caucho sintético. Además, dentro de la cadena alimentaria ocupan un eslabón altamente importante por estar entre las especies más grande de los productos primarios (Morgan et al.,1994).

2.3.3.3 *Micorrizas.*

Se constituye a través de una relación simbiótica entre raíces y hongos, considerándose muy común ya que la mayoría de plantas desarrollan una sujeción

a micorrizas ya sea en distintos hábitats naturales. Se estima que un 95 % aproximado de distintos tipos y especies de plantas fomentan naturalmente esta relación con los hongos presentes en el suelo (Morgan et al.,1994).

2.3.3.4 Tipos de organismos presentes.

A. Bacterias ácido lácticas.

El ácido láctico es un agente antimaterial muy potente que tiene como función inhibir los microorganismos patógenos y elevar la acción de descomposición de la MO. De esta manera, existen bacterias que producen este compuesto a partir de azúcar y distintos carbohidratos sintetizados por levaduras y bacterias fototrópicas; por lo tanto, la acción principal de estas bacterias son la de potenciar la descomposición de los compuestos orgánicos (como celulosa o lignina) transformándolos sin perjudicar de manera negativa al proceso, adicionalmente también cumplen una acción de disolución de la roca fosfórica y la cal (Moreno, 2016).

B. Levaduras.

Son microorganismos que utilizan bacterias fototrópicas, aminoácidos, materia orgánica y azúcares secretados a partir de las raíces de las plantas para conformar y producir sustancias de carácter antimaterial que le son de utilidad a las plantas. La división celular activa es altamente promovida por las sustancias bioactivas (enzimas y hormonas) sintetizadas por la levadura (Moreno, 2016).

C. *Actinomicetos.*

Tienen un rol antagónico frente a distintas variedades de hongos y bacterias fitopatógenas, esto debido a que sintetizan compuestos antibióticos como los fototrópicos y fototrópicos, contribuyen en la transformación de la MO y potencian la actividad y crecimiento de las bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas (Moreno, 2016).

2.3.3.5 *Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.*

Los microorganismos fijadores de nitrógeno incluyen dos variedades: bacterias fijadoras de nitrógeno simbióticas, que capturan el nitrógeno conjuntamente con las plantas, y bacterias fijadoras de nitrógeno no simbióticas o de vida libre, que sintetizan compuestos de nitrógeno al ambiente (Hernández, 1998; Zuberer, 1998). Bacterias que actúan de manera eficiente en la fijación a simbióticas de nitrógeno son las del género *Klebsiella sp*, *Azospirillum sp*, *Pseudomonas sp*, *Azotobacter sp* y *Enterobacter sp*, siendo altamente beneficiosas ambiental y económicamente para los agricultores por su fácil captación y sinterización (Martínez, 1999).

2.3.3.6 *Microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF).*

Los MSF participan activamente en la disolución de fosfatos inorgánicos. La actividad se dio a conocer alrededor del año 1903, siendo ampliamente investigado desde entonces. Los MSF están presentes en todos los países y el número varía de un lugar a otro; concentraciones más altas y potentes de MSF se encuentran en la

rizosfera, mientras que en el suelo no rizosférico ocurre lo inverso. (De Freitas et al., 1997; Kucey, 1983; Paul et al., 1971; Rodríguez et al., 1999).

2.3.3.7 Población total de hongos.

Los hongos juegan un papel importante en la transformación de la MO pudiendo mencionar como caso especial a la celulosa, que es una de las MO con más duración siendo el 60 % con respecto a su masa total. Cabe mencionar que los hongos no resisten temperaturas superiores a los 55 °C, pero si pueden sobrevivir en estado inactivo para que cuando la temperatura baje volver a activarse y desarrollarse (Gómez y Estrada, 2005).

2.3.4 Efectos adversos de uso de fertilizantes químicos

Los fertilizantes más utilizados en el Perú son el sulfato de potasio, sulfato de magnesio, el nitrato de amonio, nitrato de magnesio, nitrato de calcio y la urea. De acuerdo al último censo nacional agropecuario de los 2,2 millones de productores agropecuarios del país, el 56,1 % no aplicó fertilizante, el 32,7 % aplicó fertilizante en pequeñas cantidades y solo el 11,2 % aplicó fertilizante de manera continua. De tal manera, el consumo de fertilizantes en el Perú asciende hasta los 1,1 millones de toneladas al año. (Lluzar, 2019).

Los fertilizantes químicos afectan a los rendimientos en el cultivo, pero el uso repetido y excesivo causa un envenenamiento progresivo del suelo y el agua.

(Mazari, 2014; FAO, 2015; Salazar y Hirzel, 2011). Su efecto ha sido minuciosamente analizado, principalmente para siembra y monta con el fin de conseguir un buen rendimiento, por lo que se ha evidenciado que a la larga surgen los efectos del uso desmedido y continuo de fertilizantes nitrogenados, fosforados, sódicos y potásicos sobre el ambiente y la salud humana creando procesos de eutrofización en cuerpos de agua, salinización de suelos y efectos nocivos a la salud humana (Rodríguez-Eugenio et al., 2019).

A pesar de ser los nutrientes tan esenciales en la producción de cultivos, estos pueden afectar negativamente los rendimientos y el equilibrio de nutrientes si se aplican en exceso; por ejemplo, la contaminación por fuentes de nitrógeno afecta la descomposición de la MO del suelo (Han et al., 2015; Luo et al., 2017).

2.3.5 Especies de hortalizas

2.3.5.1 Cultivo de la lechuga.

Desde hace 2 500 años, en la época de los romanos y griegos se tiene registros de la realización de cultivos de lechuga. En el siglo XVI se le confiere el nombre de “lechuga” en las ciudades de Europa (INIA, 2017).

2.3.5.2 *Descripción.*

Es una planta anual o bienal que oscila una altura de 8 a 10 cm. Presenta una raíz de forma pivotante con ramas de 25 cm aproximadamente de largo. Forma una roseta basal de hojas dentadas sobre tallos, como el repollo, según la variedad, ramas lisas, onduladas o dentadas a cierta altura formando inflorescencias terminales, flores de 10 - 15 mm de largo con 5 estambres y frutos de 6 - 8 mm de largo, elípticos, comprimidos (Mallar, 1978).

2.3.5.3 *Taxonomía.*

Según Mallar (1978) presenta la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioideae

Tribu: Lactuceae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa*

Nombre común: Lechuga

2.3.5.4 Variedades o cultivares.

Mallar (1978) indica que entre las variedades de lechuga destacan: Beluga (similar a la col), romana (orejas de mejillón), francesa o Trocadero (también conocida como Boston), y Batavia (muy parecida a la francesa).

2.3.5.5 Manejo del cultivo.

Para tener una idea del manejo del cultivo, nos basaremos a las referencias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA (2017), Maroto (1986) y Oyarzum, (2002): Principalmente la selección de la plántula que consiste en tener las plántulas sanas y de vigoroso crecimiento, se necesitará un lugar soleado o de semi sombra, que favorezcan a su desarrollo.

2.3.5.6 Época y densidad de siembra y trasplante.

Se puede cultivar lechugas todo el año; sin embargo, esto puede variar dependiendo de la región de cultivo. La siembra directa a una densidad de 2 a 3 kg semillas/ha rinde 1 kg/ha, aunque actualmente se encuentran disponibles semillas peletizadas en el mercado. Es recomendable usar una densidad de 20 a 30 cm de espaciamiento para siembra indirecta o siembra de trasplante (Morgan et al., 1994).

2.3.5.7 Fertilización y abonamiento.

Para la fertilización de la lechuga se usa la siguiente dosis de NPK 120-50-150. El 50% de N junto con el P y el K al trasplante y los otros 50% de nitrógeno 30 días

después del trasplante. Es recomendable aplicar la MO con un total de 20 t/ha antes del trasplante (Morgan et al., 1994).

2.3.5.8 Riego.

Las lechugas tienen la necesidad de dos riegos ligeros a la semana como mínimo. Los riegos ligeros frecuentes influyen en el crecimiento rápido de las hojas y el riego excesivo puede causar quemaduras o escaldaduras en los bordes de la hoja, así como un crecimiento lento (Morgan et al., 1994).

2.3.5.9 Rascadillo o rastrada.

El deshierbe incluye la remoción del suelo conjunto con el control exacto de malezas y la aireación en el suelo. Este trabajo se realiza entre los 30 o 35 días luego de realizada la siembra que es cuando se presenta la planta con 10 a 15 cm de altura.

2.3.5.10 Aporque.

Para esta etapa dependerá altamente del desarrollo de las plantas, especialmente formación de estolones y formación de tubérculos. El propósito de la labranza es combinar la capa de suelo para cubrir suficientemente los estolones (Morgan et al., 1994).

2.3.5.11 Plagas y enfermedades.

El cultivo de lechuga presente plagas de manera reiterativa como: lepidópteros (comedores de hojas), gusano gris o cortadores de plantas tiernas, gusano alambre, trips, minadores de hojas, pulgones, mosca blanca, gusano alambre, entre otros. Y entre las enfermedades fungosas y virósicas se menciona a la tripa antracnosis, virus del mosaico, *botritis*, mildius, virus del bronceado y esclerotiniosis (Rivera et al., 1999).

2.3.6 Cultivo de rabanito.

Los rábanos son provenientes de los países asiáticos ya que es en China donde se tiene los registros de su cultivo durante más de 3 000 años. Llegó a Europa por primera vez a principios del siglo XVI (Laza, 2002).

2.3.6.1 Descripción.

El rabanito es parte de la familia de las crucíferas, junto con el repollo y los rábanos. Las plantas crucíferas se caracterizan por tener racimos florales de cuatro pétalos, siendo su fruto una vaina alargada (silicua) con un pequeño fruto redondo en su interior. Estas son plantas anuales que tienden a florecer siempre en la misma época de siembra, también presenta la peculiaridad de formar tubérculos comestibles (raíces), que son raíces engrosadas almacenadas en reservas (Chappa y Ávila, 2014).

2.3.6.2 *Taxonomía.*

El cultivo de rabanito se organiza según Mallar (1978) en el siguiente orden taxonómico:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: *Rhapanus*

Especie: *Raphanus sativus*

Nombre común: Rabanito

2.3.6.3 *Variedades.*

La variedad se distingue por tener distintos colores ya sea amarillo, rojo, blanco y negro. De acuerdo a los diferentes ciclos de cultivo se puede categorizar en tres variedades: variedades de verano y otoño, variedades de invierno y variedades de ciclo corto (Chappa y Ávila, 2014).

Las variedades más corrientes son: *Raphanus sativus major* (rábano pequeño) teniendo el mayor tamaño con 6 cm de diámetro y de pulpa firme, también se tiene a *Raphanus sativus parvus* (rábano pequeño) conocido como el gigante carmesí. Con un tamaño de hasta 3 cm de diámetro, y, por último, rábanos Cherry Belle, conocidos como Champion, siendo de pequeña raíz redonda con pulpa firme y textura suave (Chappa y Ávila, 2014).

2.3.6.4 Manejo del cultivo.

Según Goites (2008), Ibérica (2000) y la Universidad Nacional Agraria de La Molina – UNALM (2000) el manejo del cultivo es: En la siembra se aplica la técnica de voleo que consiste en disponer las semillas (2 g) entre 1 a 1.5 cm de fondo. Siendo recomendable hacer la siembra en reducidas superficies, de acuerdo al consumo se debe llegar a usar entre 12 kg/ha con una densidad entre surcos de 0,5 a 0,6 m, entre plantas 0,05 m y dos hileras de planta por surco.

2.3.6.5 Fertilización y abonamiento.

A título orientativo, las tasas de fertilización por hectárea son las siguientes: 30 t de estiércol, preferiblemente entregado hace 6 meses, N (1 500 kg de nitrosulfato de amonio), P (400 kg de superfosfato de calcio) y K (250 kg de sulfato de potasio). El rabanito es una planta que demanda del elemento boro, por lo tanto, es recomendable incorporar bórax al fertilizante del suelo en una cantidad moderada (menos de 15 kg/ha).

2.3.6.6 Riegos.

La falta de agua puede provocar el endurecimiento de las raíces y si va acompañada de altas temperaturas estimula la floración temprana. Sin embargo, cuando la humedad del suelo fluctúa mucho, las raíces pueden agrietarse y perder sus propiedades comerciales. En ausencia de lluvia, es aconsejable regar constantemente entre 3 a 5 días. La humedad del suelo durante el ciclo vegetativo debe estar entre el 60 % y el 65 % de la capacidad de campo (Chappa y Ávila, 2014).

2.3.6.7 Labores culturales y control de malezas.

Es una labor que se lleva a cabo de manera manual entre 1 a 2 escardas con ligero aporque, solo si las plantas están ordenadas de a filas. Se suele realizar entre los 15 a 20 días luego de la siembra ya que conviene retirar las malezas y mantener la distancia de 5 cm entre los rábanos (Muñoz, 1993).

2.3.6.8 Principales enfermedades y plagas.

Como principales enfermedades patogénicas se puede mencionar: el mildiú (*Peronospora parasitica*), que su objetivo de daño es dirigido a las plantas crucíferas cultivadas y silvestres, especialmente a la coliflor, el brócoli y el rábano, la pudrición blanda (*Erwinia sp*), que actúa bajo una bacteria que se encarga de carcomer el tejido de la hoja, dándole una apariencia acuosa y viscosa con un olor pútrido. Las plagas comunes del rabanito son: la oruga de la col *Pieris brassicae*, los pulgones *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, principalmente el pulgón ceniciento *Brevicoryne brassicae* y la rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*). Estas plagas afectan directa y/o indirectamente al desarrollo y producción del rabanito (Magrama, 2006).

2.3.7 Cultivo de albahaca.

La albahaca es del género científico *Ocimum* de la familia Lamiaceae. Su origen se remonta en los países de la India, Egipto y Europa cuyas regiones son de clima tropical, esta hierba nativa cuenta con 150 especies (Biazney, 2006).

Antiguamente, la albahaca se empleaba para aromatizar los cadáveres en los rituales y ofrendas de las comunidades. Además, se utilizaba como planta medicinal (Sanchez, 2000).

Según Muñoz (1993) la albahaca llega a desarrollarse en regiones templadas bajo un clima cálido y pudiendo crecer en altitudes desde 0 a 1 800 m.s.n.m, la única desventajada de esta planta es que no crece en heladas.

2.3.7.1 Clasificación taxonómica.

El cultivo de albahaca se organiza según Mallar (1978) en el siguiente orden taxonómico:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Subfamilia: Nepetoideae

Tribu: Ocimeae

Género: *Ocimum*

Especie: *Ocimum basilicum*

Nombre común: Albahaca

2.3.7.2 Aspecto morfológico.

Es una planta herbácea de desarrollo semianual, cuenta con tallos verticales, hojas opuestas pecioladas de forma ovoide con punta de lanza que llegan a medir entre 1,5 a 3,5 cm de ancho y 2 cm a 5 cm de largo, su altura de crecimiento llega a tener un promedio entre 30 cm a 50 cm (Muñoz, 1993).

2.3.7.3 Raíz.

La raíz cuenta con las siguientes características: Es delgada y con hojas que tienen rebordes hialinos con vellos de pelos largos (Albuquerque y Andrade, 1998).

2.3.7.4 Tallo.

De forma vertical, cuenta con una parte superior cuadrangular y una parte inferior redonda. Tiene una base ramificada y se reviste con pelos en el entorno. (López-Morales, 2006; Gómez - Tequia y Tovar - Gil, 2008).

2.3.7.5 Ramas.

De forma robustas o ligera, sub leñosas, pelosas, erectas o ascendentes (Albuquerque y Andrade, 1998).

2.3.7.6 Hojas.

Presentan una dimensión entre 2 cm a 5 cm, su textura es suave, aromática, tiene una forma de lanza siendo prolongada, opuesta y peciolada; además presenta una mitad superior en forma de punta con un haz más oscuro que el envés.

2.3.7.7 Flores.

Las flores se juntan en un mismo tallo que nace alrededor de un mismo eje, es decir en una espiga de verticilos. El cáliz está formado por cinco lóbulos con un margen ciliado con dimensión de 3 mm a 5 mm en la antesis, (López- Morales, 2006; Albuquerque y Andrade, 1998).

2.3.7.8 Fruto.

Formado por cuatro semillas pequeñas y lisas (Gómez-Tequia y Tovar-Gil, 2008).

2.3.7.9 Variedades de albahaca.

La albahaca presenta más de 40 variedades y dentro de las más conocidas se tienen: Verde, anís, africana, alcanforada, canela, cítrica, común, crespita, hoja pequeña, tailandesa, tulsi y violeta (Briseño et al.,2013).

2.3.7.10 Manejo agronómico.

A. Preparación del terreno.

La MO compuesta por restos animales y vegetales se procede a descomponerla y transformarla por intersección de los microorganismos y el estiércol, esto se realiza para evitar la fuga del nitrógeno por volatilización.

Según Coronado (2006) la planta necesita la aplicación de MO después de cada cosecha debido a que se trata de una planta de corte con periodos largos de cosecha. Guerrero (1993) indica que para la recolección de albahaca se necesita entre 20 a 30 t/ha de estiércol dependiendo del suelo y manejo agronómico.

B. Germinación.

El proceso de crecimiento y desarrollo de la albahaca se logra entre los 10 a 15 días tras la propagación.

C. Trasplante.

Este tipo de siembra se realiza cuando el embrión de la planta tiene una altura de 10 cm con 6 hojas. La forma como se ordenan las plantas en el suelo varía de 20 o 25 cm entre plantas y/o 50 a 70 cm entre líneas (Pérez, 2002).

D. Siembra.

Según Gómez-Tequia y Tovar-Gil (2008) la siembra se realiza de dos maneras: directa o por trasplante. Para la propagación por trasplante se preparan bandejas para plantines y se utilizan entre 25 a 20 días antes. El comienzo del desarrollo y crecimiento de la semilla se realiza entre los 7 a 10 días después de la dispersión. Además, la reproducción sexual es posible por semillas y teniendo en cuenta que se puede sembrar en invierno.

Con una producción de 100 000 plantas por hectárea, cuya primera cosecha se realiza entre los 65 a 90 días, se recomienda comercializarlos frescos (Pérez, 2002).

2.3.7.11 Fertilización.

Para Hamasaki et al. (1994) la relación entre los elementos químicos de N-P-K que realiza a una relación de 1-1-1 para la fecundación. Adicionalmente, se recomienda utilizar de 250 a 500 kg/ ha de nitrógeno para sustituir los nutrientes de la planta.

2.3.7.12 Riego.

Para la albahaca, planta de corte, se aconseja usar los riegos cortos con tiempos frecuentes (Gómez-Tequia y Tovar-Gil, 2008).

2.3.7.13 Floración.

Su época de eclosión de floración es en el verano, luego la planta se deseca tras la aparición de las flores, se aconseja cortar el brote apenas aparece, tiene un ciclo de vida hasta dos años.

2.3.7.14 Cosecha.

Según Vega et al. (2012), la recolección debería ser por las mañanas para lograr un producto rígido. Se advierte tener una altura de 15 cm. se sugiere dejar ramas con yemas para tener un rebrote bueno.

2.3.7.15 Plagas y enfermedades.

A. Plagas.

La agricultura mundial tiene grandes pérdidas por medio de plagas de insectos. Esto conlleva a fomentar procedimientos y pericias en el control de plagas donde se pueda mantener la productividad de la cosecha y permite la sostenibilidad de la siembra (Rivera et al., 1999).

Entre las plagas comunes de esta planta se encuentran los coleópteros *Diabrotica sp*, Hormigas y los minadores *Liriomyza spp*. En investigaciones para el control de algunos patógenos como los nematodos es efectivo la adición de compost al suelo (Rivera et al., 1999).

B. Enfermedades.

Al momento del corte el albahacar suele producirse algunos daños trastornos bacterianos y fúngicas. Entre los que se destacan los de punto negro o mancha Negra, la fusariosis vascular, que es producida por la bacteria *Fusarium* haciendo que se evite el desarrollo de la planta e induce al marchitamiento, y también se tiene al hongo *Phytophthora* que ocasiona la putrefacción de las raíces (Magrama, 2006).

2.3.8 Cultivo de espinaca.

La espinaca tiene un origen que se encuentra localizado por Asia Central, específicamente de Persia en el suroeste de Asia. Esta planta fue traída por los árabes a España durante el siglo XI, comiéndose fresco desde ese entonces. En el Perú, las regiones con Perú con mayor producción de espinaca son Cañete, Chancay-Huaral, Lima y Tarma (Maroto, 1986; Sigueñas, 2002).

2.3.8.1 Descripción.

La espinaca es una planta anual, su horticultura es temprana ya que en el ciclo de crecimiento emite tallos de flores haciendo que pierda su valor como producto. Los órganos comestibles de esta verdura son sus hojas. (Gorini, 1999; Serrano, 1977).

2.3.8.2 Raíz.

Raíz pivotante, menos ramificada, desarrollo radicular poco profundo, tallo erecto entre 30 cm a 100 cm de largo con hojas pecioladas, alternas y caulíferas.

2.3.8.3 Flores.

Las flores masculinas se agrupan de 6 a 12 espigas auxiliares o terminales siendo de color verde y constan entre 4 a 5 pétalos y 4 estambres. En cuanto a las flores femeninas se recolectan en racimos axilares que consisten en un periantio de 2 o 4 dientes, ovarios uniovulares y estigma dividido en 3 a 5 segmentos con estilo único. (Gorini,1999; Serrano, 1977).

2.3.8.4 Taxonomía.

Según Mostacero et al. (1993) la espinaca se clasifica taxonómicamente:

Reino: Vegetal

Sub Reino: Fanerógama o Antofita

División: Angiospermas

Clase: Dicotyledoneae

Sub Clase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermae

Familia: Chenopodiáceae

Género: *Spinacia*

Especie: *Spinacia oleracea*

Nombre común: Espinaca

2.3.8.5 Variedades.

Las variedades de acuerdo al tipo de planta y de la semilla es de la siguiente forma:

A. Tipo europeo.

Es una espinaca vigorosa y de crecimiento tardío con hojas gruesas y redondas, peciolo cortos y semillas redondas, con pequeñas protuberancias, entre este tipo se encuentran las variedades: resistoflay, viroflay, monstrous viroflay y viroflay qq MR.

B. Tipo asiático.

Desde un inicio su crecimiento no es fuerte, las hojas son delgadas y puntiagudas, los tallos son largos, las semillas son puntiagudas con 2 a 4 pequeñas espinas duras. Los cultivares en este grupo son híbridos comerciales mejorados: Hihg pack, XPH 1501, XPH1609.

2.3.8.6 Manejo del cultivo.

Giacconi y Escaff (1998), Gironi (1999), Nissen, (1974), Suquilanda (1996), Tonillo et al. (2005) y Velastegui (2005); recomiendan tomar en cuenta las siguientes actividades de manejo:

A. Época de la siembra.

Para un óptimo crecimiento de las plantas, la siembra debe realizarse entre los meses de otoño a invierno, esto debido a las condiciones favorables de humedad y temperatura. Hay dos métodos de siembra de espinacas: siembra directa, conocida

por ser terreno definido, y siembra indirecta, que es a través de almácigos. Cuando brota y crece lo suficiente, se trasplanta al campo definitivo.

B. Preparación de terreno.

Teniendo en cuenta el tamaño de la semilla de la espinaca se requiere contar con un suelo nivelado, bien mullido y esponjoso. Se recomienda incorporar el abono orgánico descompuesto.

C. Siembra.

La siembra es a doble hilera o línea con un espaciamiento entre surcos de 50 cm a 60 cm considerando una profundidad de 1,5cm a 2,5 cm. Dependiendo del destino de la producción se pueden hacer uno o dos aclareos; para uso industrial, cuando las plantas tengan cuatro o cinco hojas, esto realizando entre una distancia de 5cm a 7 cm entre las plantas. Por otro lado, para productos alimenticios frescos, el segundo raleo se llevará a cabo después de 10 días aproximadamente teniendo en cuenta que debe existir un espaciamiento final entre plantas de 12cm a 15 cm.

D. Desahije.

Esta operación se realiza principalmente para proporcionar un desarrollo óptimo y prevenir el surgimiento de patógenos. Suelen efectuarse de manera manual al cabo de la aparición de cuatro a cinco hojas en la planta.

E. Control de malezas.

El deshierbe manual es una opción ambientalmente muy favorecedora, aunque depende de la mano de obra, el plan de cultivo utilizado y los costos. Se debe considerar que la agricultura ecológica no utiliza herbicidas, toda hortaliza requiere de labores de deshierbo a inicio de crecimiento con la finalidad de eludir la competencia de nutrientes, agua y luz entre la maleza y la planta (Suquilanda, 1996; Velastegui, 2005).

F. Fertilización y abonamiento.

Es aconsejable que previo a la fertilización se realice un análisis de suelo para determinar los requerimientos abonamiento y fertilizantes. Usualmente se suele aplicar para suelos de costa central la dosis de 100: 40:40 de NPK. Las fuentes y cantidades dependerán del lugar donde hade sembrarse la espinaca (Sigueñas, 2002).

2.3.8.7 Riego.

Estos suelen llevarse a cabo de manera ligera y con frecuencia, particularmente en los días iniciales de que se realizó la siembra, esto sirve para consolidar una adecuada germinación y posterior crecimiento del cultivo. También se debe tener en cuenta que demasiada humedad es perjudicial para los cultivos.

2.3.8.8 Plagas y enfermedades.

Conforme al desarrollo de la planta aparecen ciertas plagas y enfermedades, las más resaltantes son: gusanos de tierra o cortadores de plantas tiernas o comedores de hojas (*Feltia spp.*, *Agrotis spp.*), mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), entre otros. Entre las enfermedades se menciona la chupadera fungosa, causada por hongos de suelo como *Rhizoctonia solani* y *Fusarium sp.* que atacan a las plantas tiernas causándole la muerte, el Mildiu polvoriento u oidium (*Peronospora effusa*) cuyos daños es en el valor comercial del producto y algunas enfermedades víricas como el mosaico del pepino (CMV) (Messian et al., 1995; Sigueñas, 2002).

2.3.9 Cultivo de betarraga.

La remolacha (*Beta vulgaris*) tiene un origen en el sur de Europa ya que se cree que es una planta descendiente de la remolacha silvestre (*Beta marítima*) que actualmente se encuentra en la costa mediterránea, Finlandia, Asia Menor y el sur de Suecia, siendo su introducción en la agricultura fue luego del siglo X. Su producción se dedica especialmente en la sierra norte (Cajamarca), costa central (Lima) y sierra sur (Arequipa) (Hueres, 1988; Tiscornia, 1982).

2.3.9.1 Taxonomía.

De acuerdo con Hueres y Carballo (1988) esta hortaliza presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Macrophylophyta

Subdivisión: Magnoliophytina

Clase: Annonopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Beta*

Especie: *Beta vulgaris*

Nombre común: Betarraga, betabel o remolacha.

2.3.9.2 Descripción botánica.

Dentro de su rango original, la remolacha es una planta de periodo bianual, tiene la particularidad de que sus partes comestibles y el tallo de la flor se producen de inmediato, seguida de la formación de frutos y semillas. Según Huerres y Carballo (1988); Jaramillo (1983); Sobrino (1994) y Valadez (1998) la betarraga se caracteriza:

A. Raíz.

Conforma la parte comestible de la betarraga, presenta la parte del hipocótilo agrandada (cambium engrosado) teniendo un cambio en el color a un pigmento rojo o púrpura debido a la betanina o betacianina, el cual es un compuesto que está constituido por nitrógeno que tiene propiedades semejantes a las antocianinas.

B. Tallo y hojas.

Los tallos crecen limitadamente en el primer mes, en lugares donde penetran las raíces carnosas y las hojas. Después de la vernalización, las raíces carnosas desarrollan tallos de flores, cada rama puede crecer hasta 0,80 m a 1,20 m, y finalmente florecen.

Las hojas son simples, triangulares, verdes o moradas y se agrupan en roseta. En cuanto a sus hojas basales son lobuladas en toda su extensión, ampliamente elípticas y de pecíolo largo; la superficie de las hojas es lisa o rugosa, los tallos y las hojas son de forma romboidal a lanceolada. Tallos florales de hasta 1,5 m de altura, ramificados rectos, con surcos.

C. Flores.

Las flores están confinadas a pequeños racimos sésiles en las brácteas. Estas son de carácter hermafrodita constituidas de cinco sépalos y cinco pétalos verdes con pigmentación rojiza. Otras características son que posee un ovario superior, prematuridad indicada y estambres que maduran antes del estigma.

2.3.9.3 Descripción de variedades.

De acuerdo con Morales (1995), las subespecies más importantes de *Beta vulgaris* son tres: *Beta vulgaris saccharifera* o remolacha, *Beta vulgaris hortensis* o remolacha de mesa o ensalada, y *Beta vulgaris esculenta* o remolacha forrajera.

La especie *Beta vulgaris* L. incluye varias variedades de plantas cultivadas con diferentes propósitos: *Beta vulgaris* var. *cicla*, que son nabos cultivados por sus hojas que tienen tallos muy largos, blancos y carnosos; variedad *Beta vulgaris*. *sangriento*, que son remolachas carnosas, de raíces dulces y de color rojo oscuro debido a las antocianinas en la savia de sus células; *Beta vulgaris* var., que se caracteriza por la jugosidad del nabo forrajero de raíz muy gruesa y carnosa de alto valor y, por último, *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*, que es una variante de la remolacha que se selecciona de acuerdo al contenido de sacarosa en la raíz siendo ampliamente usada para la industria.

Actualmente no existen muchas variedades comerciales del Perú, las más utilizadas son: Early Wonder Tall Top (semimaduras, raíces redondas, hojas largas) y Detroit Dark Red Morse's Strain (maduración tardía, raíces redondas a ovaladas, hojas cortas, buena conservación). Además, se mencionan Crosby Egyptian (maduración temprana, raíces planas a ovaladas y hojas largas) y Green Top Bunching (maduración medianamente temprana, raíces ovaladas y hojas medianas).

2.3.9.4 Condiciones climáticas y edafológicas del cultivo.

Según Valadez (1998), Becerra (1992) y Baca (2015) las condiciones climáticas y edafológicas favorables para la betarraga son las siguientes: su mejor adaptabilidad se encuentra a altitudes entre 600 m.s.n.m. y 3000 m.s.n.m. siendo de clima frío, aunque puede crecer en clima cálido, el cultivo es de menor calidad. También para un óptimo desarrollo es necesario que se mantenga la humedad entre un 60 % a 80 %, ya que valores superiores aumentan el riesgo de incidencia de enfermedades.

Este cultivo es altamente tolerable a la salinidad pudiendo alcanzar soportar rangos entre 6 400 y 7 680 ppm; sin embargo, presenta una alta sensibilidad al suelo ácido por lo que tiende a desarrollarse óptimamente en suelos alcalinos, preferiblemente en suelos con un pH entre 6,5 a 7,5. Además, crece mejor en suelo arenoso ligero ya que la parte comestible de la arcilla se deforma entre el cultivo y la planta (hojas).

2.3.9.5 Labores culturales.

Andrew et al. (2011), Casseres (1980) y Sobrino (1994) indican que las labores culturales que requiere la betarraga son:

A. Preparación del terreno.

Una buena cosecha de remolacha requiere una labranza profunda (entre 25 cm a 30 cm) la cual garantice el entierro de los residuos de la cosecha anterior ya que esto favorece a un buen desarrollo radicular y mantiene la humedad del suelo.

B. Siembra.

Se suele sembrar directamente, pero también se puede trasplantar cuando las plántulas tienen tres a cuatro hojas verdaderas. Para siembra comercial se pueden utilizar entre 8 kg a 12 kg de semillas por hectárea de siembra directa, distancia entre hileras de 45 cm a 90 cm y entre plantas de 10 cm a 15 cm.

C. Raleo y trasplante.

Cuando la altura de las plántulas sea de unos 2,5 cm, las plántulas se deben raleo una por una y las más débiles se deben eliminar. Después de eso, es necesario dar cuidados vitales para que llegue la etapa de desarrollo y puedan ser trasplantados.

D. Deshierbo.

Las malas hierbas albergan ciertas plagas y enfermedades por lo que compiten por el espacio, agua y nutrientes junto con los cultivos, por ello es mejor deshacerse de estas antes de que desarrollen cinco hojas verdaderas.

E. Aporques.

Ocurre particularmente que la remolacha no logra competir adecuadamente contra la mala hierba, esto cuando son pequeñas particularmente, por ello es vital llevar a cabo labores de labranza superficial para eliminar las malas hierbas.

F. Riego.

Un sistema de raíces bien desarrollado permite que las remolachas resistan y se recuperen de sequías a corto plazo sin reducir su productividad. Se necesitan unos 20 l/m² para la eclosión, pero si no se riega en 15 días a 20 días, la planta puede perderse. En suelo arenoso los riegos serán más fáciles y frecuentes, en suelo arcilloso sucede lo contrario, siendo importante que el suelo contenga entre el 60 % al 70 % de la capacidad de campo.

2.3.9.6 Abonamiento y fertilización.

Siempre considerar que cualquier programa de fertilizantes y compostaje debe comenzar con una prueba de suelo. Bajo la siguiente premisa: si 30 t/ha de remolacha extraen 100 kg de N, 35 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O, se recomienda utilizar entre 80 a 120 unidades de N, 40 a 60 unidades de P y 40 a 60 unidades de K.

2.3.9.7 Plagas y enfermedades.

Se tienen a los conocidos pulgones o áfidos (*Aphis fabae*, *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*) que son transmisores de virus, gusanos pegadores de hojas, que causan daños en hojas tiernas, y la mosca minadora (*Liriomyza sp.*) (Rivera et al., 1999).

La enfermedad más importante es: la viruela de la betarraga (*Cercospora beticola*), la cual se caracteriza por presentar pequeñas manchas marrones en los lados de las hojas, que a menudo están arrugadas y perforadas, la alternariosis (*Alternaria spp.*), que causan manchas profundas en las hojas, y la chupadera fungosa, producida por hongos de suelo *Rhizoctonia sp.* y *Fusarium sp.* los cuales ocasionan la muerte de las plántulas (Tiscornia, 1982).

2.3.9.8 Cosecha.

Según Casseres (1980) y García (2000) el indicador de rendimiento es el tamaño de las raíces. La cosecha puede comenzar cuando las raíces hayan alcanzado un

tamaño adecuado para uso comercial, para ello se deben tener en cuenta los siguientes factores:

A. *Diámetro.*

El cultivo se cosecha cuando el diámetro de la remolacha se encuentra entre 8 a 10 cm.

B. *Tiempo.*

Se estima un aproximado de 60 a 80 días para variedades tempranas, 80 a 100 días para variedades medias y 100 a 110 días para variedades tardías.

C. *Recolección.*

Esta actividad comienza entre los 90 días después de la siembra y se recolecta manualmente con los más tradicionales picos y azadas, se retiran las hojas en el mismo campo donde se recolectan las raíces.

2.4 Definición de términos

2.4.1 Suelo.

Los suelos son capas delgadas, de unos pocos centímetros a unos pocos metros de espesor, que consisten en material terrestre suelto formado en la interfaz atmósfera-biosfera-litosfera (Jaramillo et al.,1994).

2.4.2 Propiedades químicas del suelo.

Hace referencia a los indicadores químicos que tienen una profunda conexión con las propiedades del suelo interfiriendo en la relación suelo – planta, calidad de agua, capacidad amortiguadora y disponibilidad de nutrientes, agua y microorganismos (Fitz, 1984).

2.4.3 Propiedades físicas del suelo.

Hace referencia a los indicadores físicos del suelo, ya que al ser un cuerpo poroso constituido por distintas proporciones de partículas orgánicas e inorgánicas siendo altamente degradado por el aire y el agua (Zavaleta, 1992)

2.4.4 Enmiendas orgánicas.

Surgen a partir de la mineralización y transformación de los residuos orgánicos como vegetales y animales, la cual aporta grandes mejorías en los nutrientes y propiedades físicas, químicas y biológicas (Sperberg y Hirzel, 2011).

2.4.5 Densidad aparente.

La densidad aparente se caracteriza por ser la propiedad de ciertos sólidos aislados, gránulos y polvos pudiendo evaluar la compactibilidad del suelo y estimar la composición de sus partículas (Roth, 1987).

2.4.6 Estructura.

Determina la configuración que las partículas del suelo se conglomeran en arena, limo y arcilla para formar agregados. (Thurston, 1997).

2.4.7 Conductividad eléctrica.

Hace mención a la suficiencia del suelo para conducir la electricidad empleando las sales que contiene. Esto ocurre principalmente por los aniones (SO_4^{2-} , Cl^- y HCO_3^-) y cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ y NH_4^+) que se constituyen desde las sales la electricidad. (Richards, 1964).

2.4.8 Nitrógeno (N).

Siendo la unidad estructural central de las moléculas de proteína siendo la base de toda la vida, de esa manera representa una parte integral de los protoplastos de plantas, animales y microbios (Henríquez, 1995).

2.4.9 Fósforo (P).

Es un elemento presente en cada célula de nuestro cuerpo, encontrándose también en el ambiente. En el suelo agrícola, el contenido y comportamiento del fósforo está supeditado a las propiedades del material originario del suelo, también de la fracción orgánica que la constituye, el tipo de arcilla que predomina y otros procesos biológicos y químicos (Henríquez, 2015).

2.4.10 Potasio (K).

Es un elemento importante en forma de óxido de potasio presente en las cenizas de las plantas y se encuentra especialmente en suelos arcillosos. Es responsable de cambiar varios parámetros relacionados con la calidad y rendimiento de la planta (García, 2000).

2.4.11 Materia orgánica (MO).

Está constituida por aquellos residuos animales y vegetales que por acción de los microorganismos empiezan un proceso de transformación y mineralización hacia su descomposición (Trinidad-Santos, 2016).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.1 Tipo de investigación.

La presente investigación fue del tipo experimental aplicada.

3.1.2 Diseño de investigación.

Se aplicó un diseño de bloques completos aleatorios conocido también como DBCA, el cual constó de tres tratamientos (incluido el testigo) con cinco repeticiones. Como prueba de comparación múltiple de medias se utilizó el método o test Duncan a un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$).

3.1.3 Modelo aditivo lineal para DBCA.

Para aplicar el DBCA se manejó la siguiente fórmula.

Fórmula:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, b \quad [Ecuación 4.]$$

Dónde:

y_{ij} : Variable de respuesta observada en el j-ésimo bloque que recibe el i-ésimo tratamiento.

μ : Media general de la variable respuesta.

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento, el cual es constante para todas las observaciones dentro del i-ésimo tratamiento.

β_j : Efecto debido del j-ésimo bloque.

e_{ij} : Efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

t: . Número de tratamientos

b: Número de bloques.

3.1.4 Análisis de varianza.

El modelo de análisis de varianza (ANVA) para un DBCA se presenta en la tabla 14 donde se plasmarán los resultados de las variables de respuesta medidos en conjunto con su coeficiente de variabilidad calculado.

Tabla 14*Cuadro de análisis de varianza ANVA*

Fuentes de variables (F. de V.)	Grados de libertad (G.L)	Suma de cuadrados (S.C.)	Cuadrados medios (C.M.)	F calculado Fc
Bloques	b-1	SC _b	SC _b /(b-1)	CM _b /CM _e
Tratamientos	t-1	SC _T	SC _T /(t-1)	CM _T /CM _e
Error	GL _T -(k-1) - (b-1)	SC _e	SC _e /GL _T -(k-1) - (b-1)	
Total	N - 1	SC _T		

3.1.4.1 Característica del experimento.

La presente investigación contó con las siguientes características:

- Número de tratamientos 03
- Número de bloques 05
- Número de unidades experimentales (U.E.) 15
- Número total de plantas 1 620
- Número de plantas/tratamiento 540
- Número de plantas/ U. E. 108
- Distanciamiento entre plantas lechuga 0,30 m
- Distanciamiento entre plantas rabanito 0,10 m
- Distanciamiento entre plantas albahaca 0.20 m
- Distanciamiento entre plantas espinaca 0,20 m
- Distanciamiento entre plantas beterraga 0,15 m
- Distanciamiento entre surcos 1,0 m. en doble línea

3.1.4.2 Croquis del campo experimental.

La investigación se centró en el estudio de tres tratamientos, en la tabla 15 se puede observar la distribución de unidades experimentales por bloques.

Tabla 15

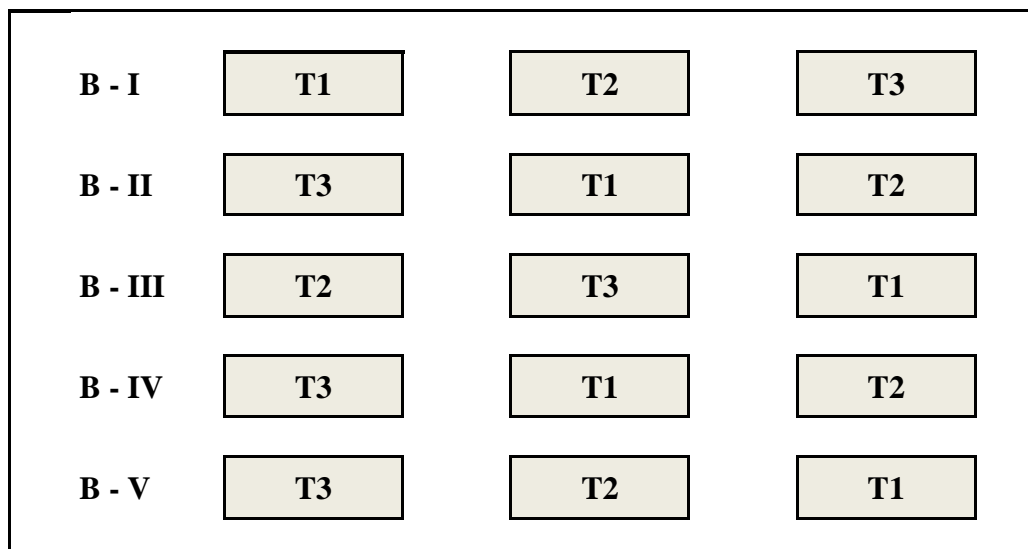
Cuadro de tratamientos de diseño experimental

TRATAMIENTOS	BLOCKS				
	I	II	III	IV	V
T1 (EM-1 comercial)	101	201	301	401	501
T2 (EM nativo)	102	202	302	402	502
T3 (Testigo)	103	203	303	403	503

En el siguiente esquema se puede observar el modelo de distribución que se aplicó en la experimentación aleatoria.

Figura 1

Esquema de distribución de campo experimental aleatorio



3.1.4.3 Población.

La población estuvo conformada por las 1 620 plantas seleccionadas de aplicación en el experimento las cuales fueron las siguientes hortalizas:

- Lechuga: *Lactuca sativa*, que consto de 180 plantas.
- Rabanito: *Raphanus sativus*, que consto de 540 plantas.
- Albahaca: *Ocimum basilicum*, que consto de 270 plantas.
- Espinaca: *Spinacia oleracea*, que consto de 270 plantas.
- Betarraga: *Beta vulgaris*, que consto de 360 plantas.

3.1.4.4 Muestra:

La muestra se conformó por 1 050 plantas de hortalizas que se distribuyeron en:

- Lechuga (*Lactuca sativa*), variedad Carola: (70 % de total de las plantas) 08 plantas por unidad experimental y 40 plantas por tratamiento
- Rabanito (*Raphanus sativus*), variedad Redondo Rojo: (60 % del total de las plantas) 22 plantas por unidad experimental y 110 plantas por tratamiento.
- Albahaca (*Ocimum basilicum*), variedad Large Leaf, (70 % de total de las plantas) 13 plantas por unidad experimental y 65 plantas por tratamiento.
- Espinaca (*Spinacia oleracea*), variedad Dragón F1: (70% del total de las plantas) 13 plantas por unidad experimental y 65 plantas por tratamiento
- Betarraga (*Beta vulgaris*), variedad Sangre de Toro: (60% del total de las plantas) 14 plantas por unidad experimental y 70 plantas por tratamiento.

3.1.4.5 Característica del campo experimental.

El campo que se empleó para la experimentación tuvo las siguientes características:

- Ancho : 5 m
- Largo : 32 m
- Largo de unidad experimental : 10 m
- Ancho de la unidad experimental : 1 m
- Área total de la unidad experimental : 10 m²
- Área Total : 160 m²
- Área neta del campo experimental : 150 m²

3.2 Instrumentos tecnológicos para recolección de datos.

3.2.1 Observación directa.

Aplicado este método para el monitoreo de campo y la posterior recolección de datos.

3.2.2 Observación indirecta.

Aplicado este método en la recolección de datos a través de los análisis de laboratorio que se realizó al suelo y la materia seca.

3.2.3 Manejo del experimento.

3.2.3.1 Preparación del terreno.

Para una adecuada preparación del terreno principalmente se preparó un sistema de riego óptimo dado a las características de las hortalizas, ya que algunas necesitaban

cuidados especiales como en el caso de la lechuga que, al tener un sistema radicular más superficial, fue necesario tener un riego mucho más frecuente y ligero manteniendo el suelo con humedad constante, pero no encharcado.

3.2.3.2 *Obtención de plántulas de hortalizas.*

Como primer paso para el cultivo de hortalizas se consideró la obtención de plantones, los cuales fueron sembrado y monitoreados en un invernadero, esto con la finalidad de salvaguardar el estado de la planta manteniéndola alejada de patógenos y condiciones adversas que afecten el crecimiento.

3.2.4 Preparación de terreno para la plantación.

Se realizó mediante un barbecho y mullido homogéneo dotándolo de buen drenaje. Esta labor se realizó en seco, posteriormente se marcaron los surcos y como abono de fondo se incorporó enmiendas orgánicas compuestas de estiércol de pollo y tobas volcánicas. Finalmente se realizaron dos riegos antes de la plantación de las plántulas de las hortalizas.

3.2.5 Riego de machaco.

Se realizó riego por gravedad a los dos días antes de la plantación, esto con la finalidad de tener el suelo en óptima condición para el trasplante de las hortalizas.

3.2.6 Trasplante de las plántulas.

Las plántulas de las hortalizas del vivero fueron retiradas para el respectivo trasplante en campo definitivo utilizando una pala pequeña para retirar la tierra de las raíces. En este paso se tuvo un peculiar cuidado al retirar la tierra para evitar quebrar alguna de las raíces.

3.2.7 Riegos.

Se realizó un riego por gravedad con aguas proveniente de río Caplina. Los riegos se llevaron a cabo cada siete días.

3.2.8 Preparación de tratamientos.

Se prepararon de acuerdo a las indicaciones del producto antes de la aplicación en campo.

3.2.9 Aplicación de los tratamientos.

Se aplicó juntamente con las enmiendas orgánicas, de acuerdo a la distribución aleatoria.

3.2.10 Aplicaciones foliares.

Se utilizaron vióles nutritivos aplicados de forma uniforme en todos los tratamientos.

3.2.11 Aplicación de ácidos húmicos y bioestimulantes radiculares.

Los bioestimulantes radiculares y ácidos húmicos fueron aplicados mensualmente en forma uniforme a todos los tratamientos.

3.2.12 Control preventivo de plagas enfermedades.

Para prevenir el ataque de plagas (mosca blanca, pulgones, gusanos cortadores de plantas tiernas y comedores de hojas) y enfermedades (chupadera fungos, botritis y otros) se realizaron aplicaciones preventivas empleando insecticidas y fungicidas ecológicos cada siete días, previa observación de campo.

3.2.13 Sistemas de evaluaciones.

Las evaluaciones se dieron cada semana y quincena, para la obtención de los resultados se efectuaron monitoreos con la finalidad de recopilar los datos y aplicarlos en el análisis estadístico. Las variables respuesta consideradas en la investigación fueron:

A. Análisis de suelo preliminar.

Se predeterminó como línea de base y se realizó antes del trabajo de campo de forma aleatorizada midiendo la muestra en un laboratorio para su análisis. Los análisis serán del tipo químico determinando el contenido de macro a micro elementos (NPK) y textural para conocer el grado de porosidad del suelo.

B. Porcentaje de prendimiento.

Luego de los 15 días de haber realizado el trasplante, se contabilizó el número de plantas prendidas.

C. Altura de planta.

Se seleccionó entre un 60 % a 70 % de plantas por unidad experimental al azar del sector medio del campo. Empleando una regla graduada se midió desde el borde superior del suelo hasta el ápice de la planta, estas evaluaciones se realizaron a los 15, 30 y 45 días.

D. Diámetro de planta.

Para las hortalizas de lechuga, albahaca y espinaca se midieron empleando una regla graduada en la zona ecuatorial de la planta cada 30 a 45 días antes de la cosecha. En cuanto a las hortalizas de rabanito y beterraga se midieron con un vernier en la zona ecuatorial de la raíz en el momento de la cosecha.

E. Días de cosecha.

Se contabilizó desde la plantación hasta el día de la cosecha.

F. Rendimiento por hectárea.

Se contabilizó el número de las plantas de hortalizas cosechadas por tratamiento. También se consideró la evaluación del rendimiento de peso en kilogramos por tratamiento y por hectárea, para ello se pesó el número total de hortalizas obtenidas de la zona de muestreo en cada unidad experimental.

G. Porcentaje de materia seca.

Se seleccionaron cinco hortalizas por unidad experimental del rabanito y beterraga, también dos hortalizas de hoja por unidad experimental de la lechuga y espinaca, siendo sometidos por un periodo de 24 horas de secado en el horno.

H. Análisis del suelo posterior al experimento.

Concluido el experimento se recopiló muestras de suelo de cada unidad experimental consolidándose en una muestra de suelo por tratamiento, luego este muestreo fue enviado al laboratorio donde fue analizado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son presentados a continuación clasificados por cada una de las hortalizas bajo investigación.

4.1.1 Cultivo de lechuga.

4.1.1.1 Evaluación de prendimiento.

En la tabla 16 se puede observar el ANVA de evaluación de prendimiento de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 4,71 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 16*Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la lechuga*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	485,20	242,60	14,91	4,46	8,65	*.*
Bloques	4	22,27	5,57	0,34	3,84	7,01	ns
Error	8	130,13	16,27				
Total	14	637,60					

Nota: C.V.= 4,71 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 17 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mayor prendimiento de lechuga con un promedio del 93,4 %, en cambio el tratamiento 3 (T3) y tratamiento 2 (T2) fueron similares obteniendo un promedio del 83,4 % y 80,0 % respectivamente. En la figura 1 se puede notar la diferencia entre T1 con T3 y T2, evidenciando que al aplicar el EM se puede lograr un óptimo resultado en el porcentaje de prendimiento en el cultivo de lechuga, superando significativamente al tratamiento testigo y de microorganismos eficientes autóctonos.

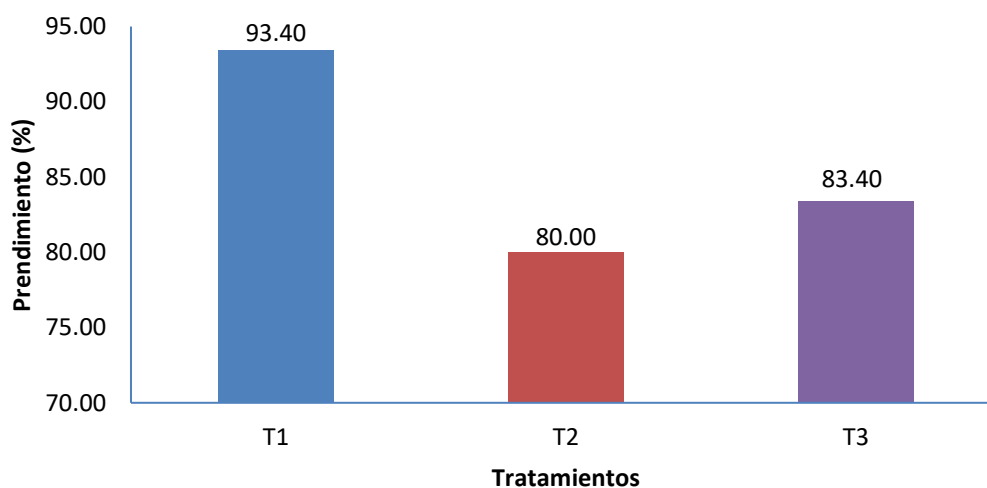
Tabla 17

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento de la lechuga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significació n $\alpha=0.05$
1°	T1	93,4	a
2°	T3	83,4	b
3°	T2	80,0	b

Figura 2

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la lechuga



4.1.1.2 Primera evaluación de altura de planta.

En la tabla 18 se puede observar el ANVA de la primera evaluación de altura de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar

la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 3,23 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 18

Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la lechuga

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0,56	0,28	6,97	4,46	8,65	*
Bloques	4	0,003	0,001	0,02	3,84	7,01	ns
Error	8	0,32	0,04				
Total	14	0,88					

Nota: C.V.= 3,23 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 19 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo la mejor altura de la lechuga con un promedio de 6,43 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 6,21 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 5,96 cm; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 2 se puede notar la cercanía entre T3 con T2 y la diferencia entre T3 y T1, evidenciando en este caso que el tratamiento testigo (sin adicción de EM) y el tratamiento con microorganismos eficientes autóctonos pudieron lograr un mejor resultado en la primera evaluación de altura de la lechuga.

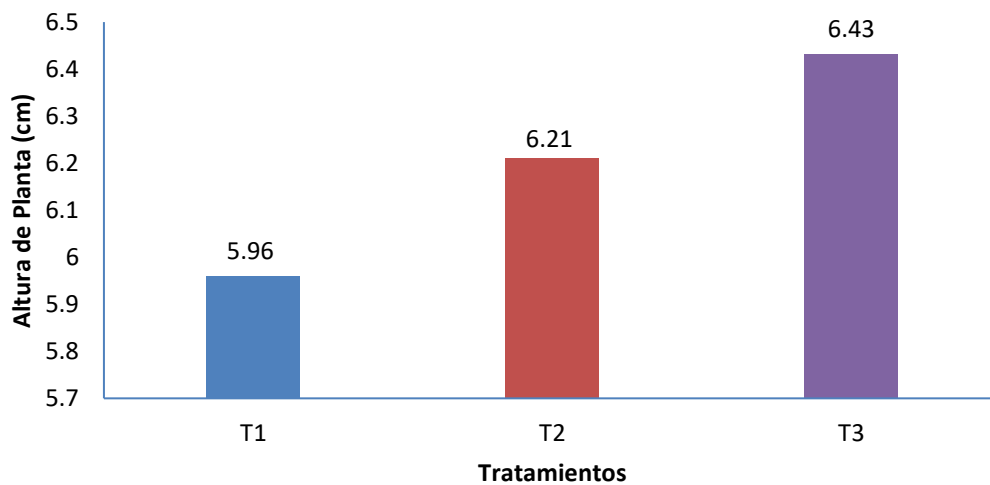
Tabla 19

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la lechuga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedios (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	6,43	a
2°	T2	6,21	ab
3°	T1	5,96	b

Figura 3

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la lechuga



4.1.1.3 Segunda evaluación de altura de planta.

En la tabla 20 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación de altura de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar

la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 3,85 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 20

Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la lechuga

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	3,26	1,63	7,34	4,46	8,65	*
Bloques	4	1,61	0,40	1,82	3,84	7,01	ns
Error	8	1,77	0,22				
Total	14	6,65					

Nota: C.V.= 3,85 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 21 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo la mejor altura de la lechuga con un promedio de 12,79 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 12,27 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 11,65 cm; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 3 se puede notar la cercanía entre T3 con T2 y la diferencia entre T3 y T1, evidenciando nuevamente en este caso que el tratamiento testigo (sin adición de EM) y el tratamiento con microorganismos eficientes autóctonos pudieron lograr un mejor resultado en la segunda evaluación de altura de la lechuga.

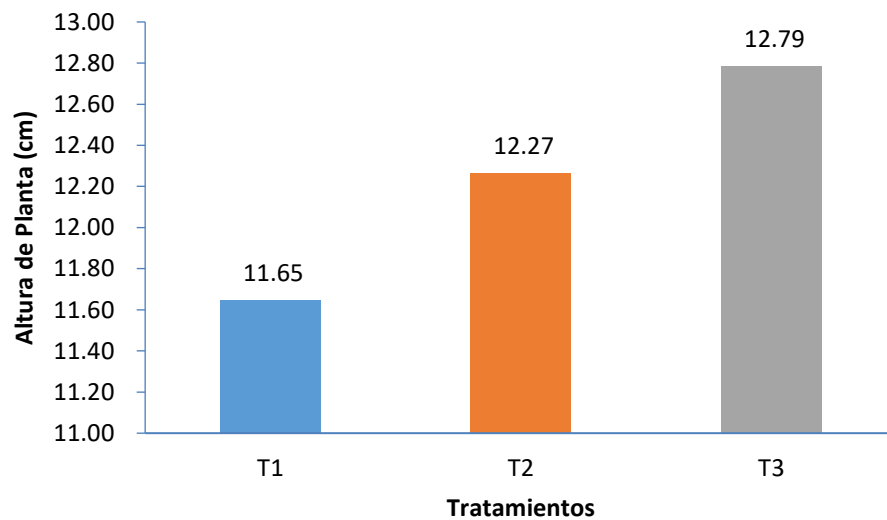
Tabla 21

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la lechuga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	12,79	a
2°	T2	12,27	ab
3°	T1	11,65	b

Figura 4

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la lechuga



4.1.1.4 Tercera evaluación de altura de planta.

En la tabla 22 se puede observar el ANVA de la tercera evaluación de altura de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado menor al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se

decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 7,41 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 22

Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la lechuga

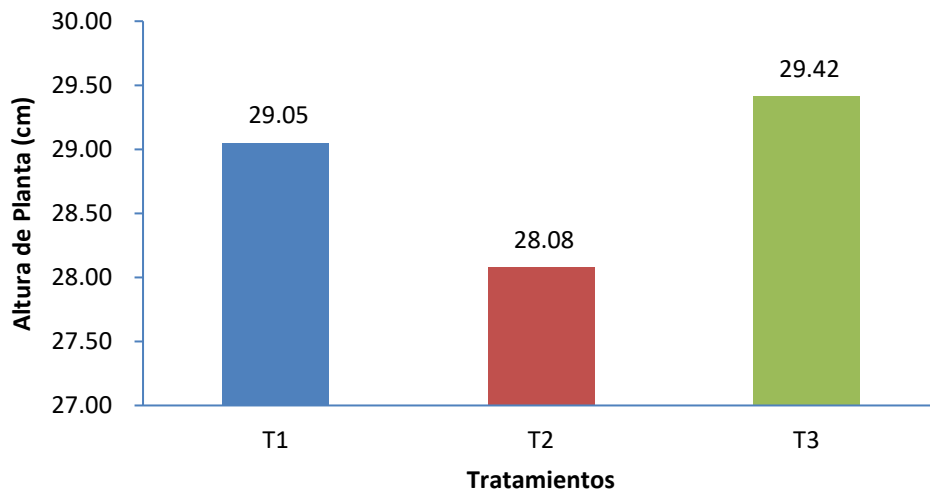
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	4,77	2,38	0,521	4,46	8,65	Ns
Bloques	4	6,72	1,68	0,367	3,84	7,01	Ns
Error	8	36,57	4,57				
Total	14	48,06					

Nota: C.V.= 7,41 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 4 donde se puede observar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo una altura de 29,42 cm que fue ligeramente superior al tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2) con una altura de 29,05 cm y 28,08 cm respectivamente.

Figura 5

Comparación de medias por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la lechuga



4.1.1.5 Evaluación del diámetro de planta.

En la tabla 23 se puede observar el ANVA de la evaluación del diámetro de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 3,48 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 23*Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la lechuga*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	13,90	6,95	6,45	4,46	8,65	*
Bloques	4	8,91	2,23	2,07	3,84	7,01	ns
Error	8	8,62	1,08				
Total	14	31,43					

Nota: C.V.= 3,48 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 24 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo el mejor diámetro de la lechuga con un promedio de 31,18 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 29,38 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 28,36 cm; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 5 se puede notar la cercanía entre T3 con T2 y la diferencia entre T3 y T1, evidenciando en este caso que el tratamiento testigo (sin adicción de EM) y el tratamiento con microorganismos eficientes autóctonos pudieron lograr un mejor resultado en el diámetro de la lechuga.

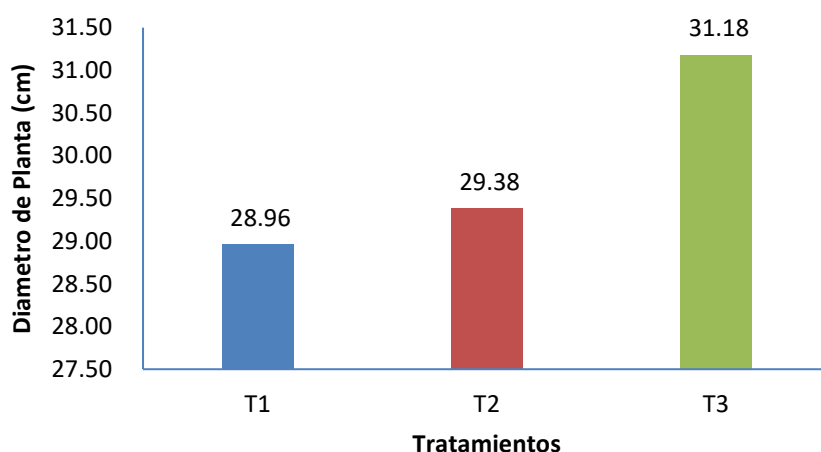
Tabla 24

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la lechuga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	31,18	a
2°	T2	29,38	ab
3°	T1	28,96	b

Figura 6

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la lechuga



4.1.1.6 Segunda evaluación de diámetro de planta.

En la tabla 25 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación del diámetro de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 6,45 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 25

Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la lechuga

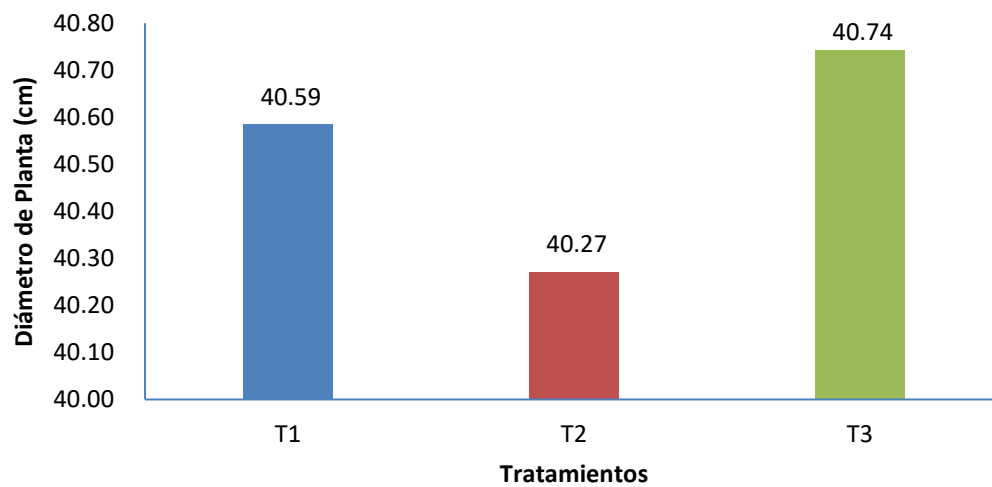
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0,58	0,29	0,042	4,46	8,65	ns
Bloques	4	38,22	9,55	1,396	3,84	7,01	ns
Error	8	54,75	6,84				
Total	14	93,54					

Nota: C.V.= 6,45 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 6 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron diámetros muy similares siendo de 40,59 cm, 40,27 cm y 40,74 cm respectivamente.

Figura 7

Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de diámetro de la lechuga



4.1.1.7 Evaluación de rendimiento por unidad experimental.

En la tabla 26 se puede observar el ANVA de la evaluación de rendimiento por unidad experimental de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8,01 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 26*Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	6,53	3,27	5,44	4,46	8,65	*
Bloques	4	2,00	0,50	0,83	3,84	7,01	Ns
Error	8	4,80	0,60				
Total	14	13,33					

Nota: C.V.= 8,01 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 27 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor rendimiento de la lechuga con un promedio de 10,40 unid./U.E, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 9,80 unid./U.E, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio próximo de 8,80 unid./U.E; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 7 se puede notar la cercanía entre T1 con T2 y la diferencia entre T1 y T3, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos EM y el tratamiento con microorganismos eficientes autóctonos pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento por unidad experimental de la lechuga.

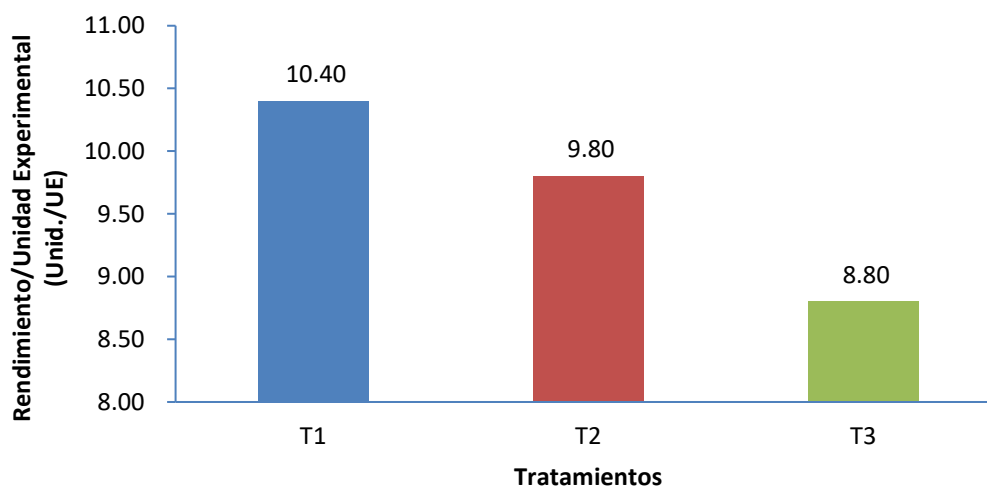
Tabla 27

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (unid. /UE).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	10,40	a
2°	T2	9,80	ab
3°	T3	8,80	b

Figura 8

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la lechuga/unidad experimental



4.1.1.8 Evaluación de rendimiento por hectárea.

En la tabla 28 se puede observar el ANVA del rendimiento por hectárea de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 8,58 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 28

Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga

F. de V.	G.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
	L				0,05	0,01	
Tratamientos	2	10.293.423,3	5,146,711.7	23.9	4,46	8,65	*,*
Bloques	4	1.802.673,3	450,668.3	2.09	3,84	7,01	ns
Error	8	1.719.976,7	214,997.1				
Total	14	13.816.073,3					

Nota: C.V.= 8.58 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 29 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor rendimiento de la lechuga con un promedio de 6 444 kg/ha, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 5 350 kg/ha, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio próximo de 4 417 kg/ha ; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 8 se puede notar la cercanía entre T1 con T2 y la diferencia entre T1 y T3, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos EM y el tratamiento con microorganismos eficientes autóctonos pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento de la lechuga por hectárea.

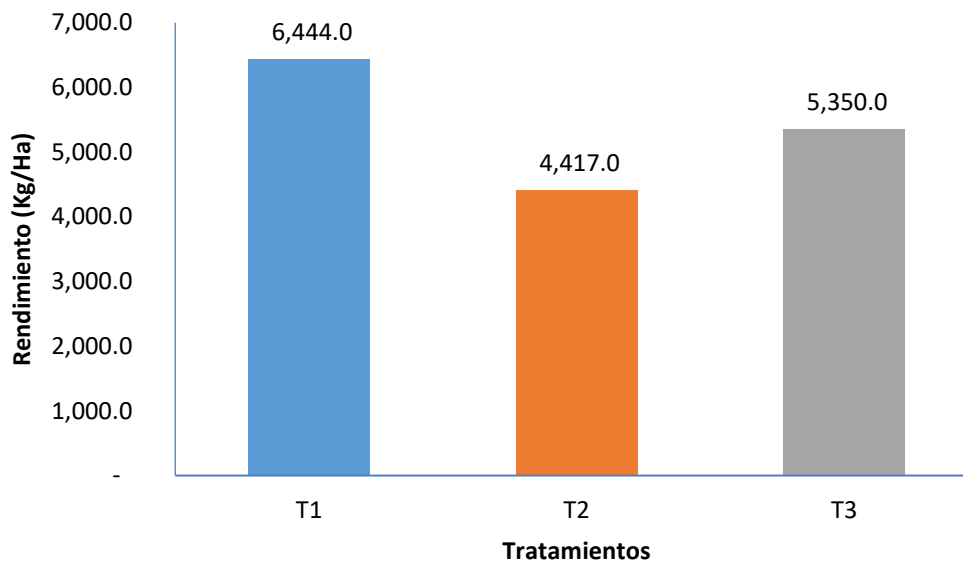
Tabla 29

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (kg/ha).	Significació n $\alpha=0.05$
1°	T1	6 444,00	a
2°	T3	5 350,00	ab
3°	T2	4 417,00	b

Figura 9

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la lechuga



4.1.1.9 Evaluación de materia seca.

En la tabla 30 se puede observar el ANVA de la evaluación de materia seca de la lechuga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado menor al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se

decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 5,13 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 30

Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la lechuga

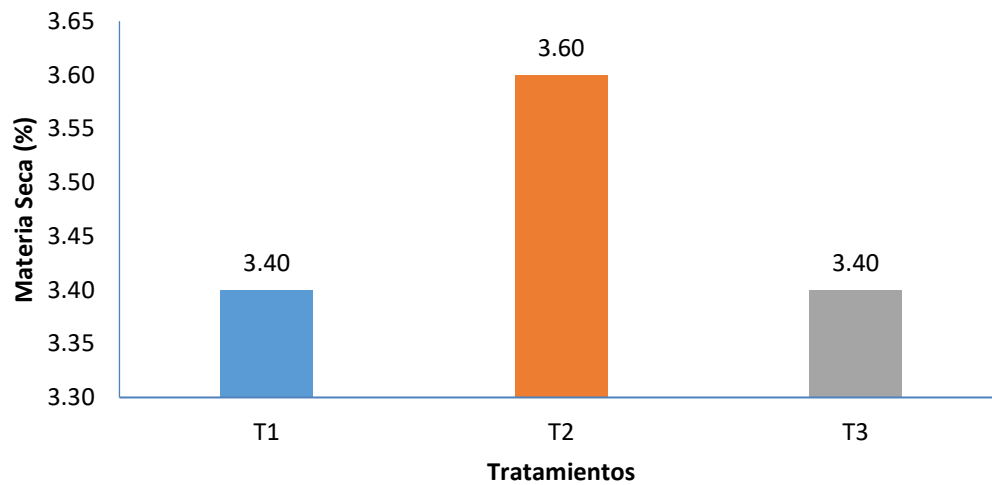
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0.133	0.067	2.11	4,46	8,65	ns
Bloques	4	0.067	0.017	0.53	3,84	7,01	ns
Error	8	0.253	0.032				
Total	14	0.453					

Nota: C.V.= 5.13 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 9 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron porcentajes muy similares siendo de 3,40 %, 3,60 % y 3,40 % respectivamente.

Figura 10

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la lechuga



4.1.2 Cultivo de albahaca.

4.1.2.1 Evaluación de prendimiento.

En la tabla 31 se puede observar el ANVA de evaluación de prendimiento de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 5,22 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 31*Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la albahaca*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	260,40	130,20	6,02	4,46	8,65	*
Bloques	4	54,67	13,67	0,63	3,84	7,01	ns
Error	8	172,93	21,62				
Total	14	488,00					

Nota: C.V.= 5,22 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 32 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mayor prendimiento de albahaca con un promedio del 94 %, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 89,20 %, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (2) que tuvo un promedio próximo de 83,80 %; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 10 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adicción de EM y el tratamiento testigo (sin adicción de EM) pudieron lograr un mejor resultado en el porcentaje de prendimiento en el cultivo de albahaca.

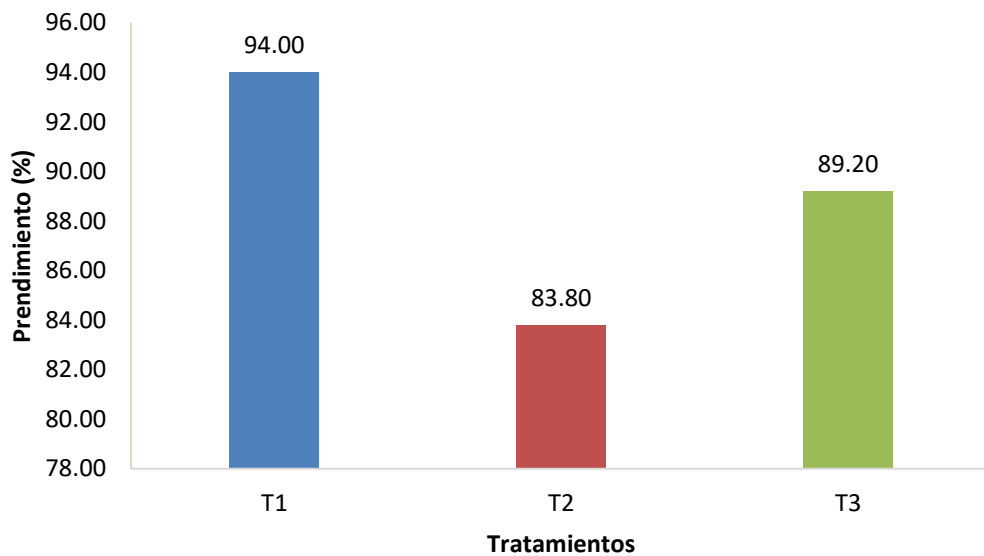
Tabla 32

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	94,0	a
2°	T3	89,2	ab
3°	T2	83,8	b

Figura 11

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la albahaca



4.1.2.2 Primera evaluación de altura de planta.

En la tabla 33 se puede observar el ANVA de la primera evaluación de altura de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar

la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8.11 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 33

Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la albahaca

F. de V.	G. L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0,91	0,46	6,05	4.46	8.65	*
Bloques	4	0,60	0,15	1,98	3.84	7.01	ns
Error	8	0,60	0,08				
Total	14	2,11					

Nota: C.V.= 8,11 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 34 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo la mejor altura de la albahaca con un promedio de 3,73 cm, en cambio el tratamiento 3 (T3) y tratamiento 2 (T2) fueron similares obteniendo un promedio de 3,21 cm y 3,21 cm respectivamente. En la figura 11 se puede notar la diferencia entre T1 con T3 y T2, evidenciando que al aplicar el EM se puede lograr un óptimo resultado en la primera evaluación de altura de la albahaca, superando significativamente al tratamiento testigo y de microorganismos eficientes autóctonos.

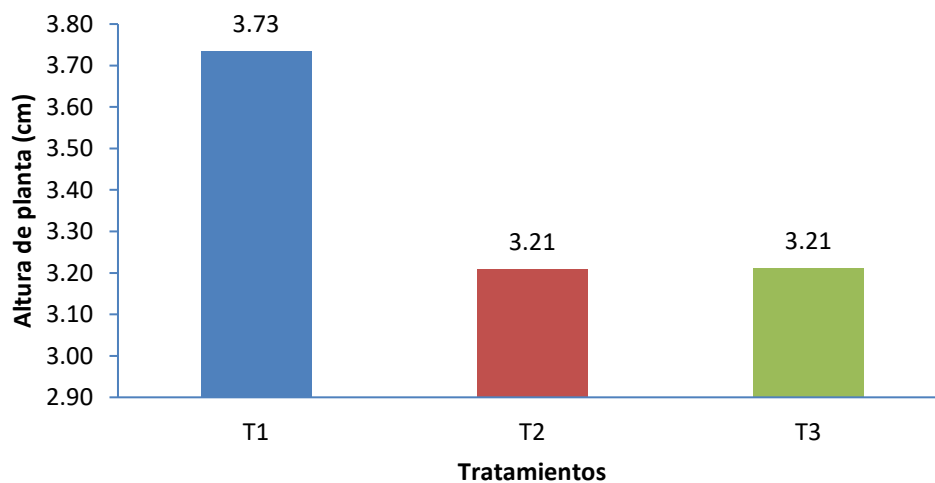
Tabla 34

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	3,73	a
2°	T3	3,21	b
3°	T2	3,21	b

Figura 12

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la albahaca



4.1.2.3 Segunda evaluación de altura de planta.

En la tabla 35 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación de altura de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente

de variabilidad del 10,01 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 35

Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la albahaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	45,37	22,69	8,16	4.46	8.65	*
Bloques	4	16,92	4,23	1,52	3.84	7.01	ns
Error	8	22,24	2,78				
Total	14	84,53					

Nota: C.V.= 10,01 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 36 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo la mejor altura de la albahaca con un promedio de 18,63 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 16,96 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 14,40 cm; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 12 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM obtuvo el mejor resultado en la segunda evaluación de altura de la albahaca.

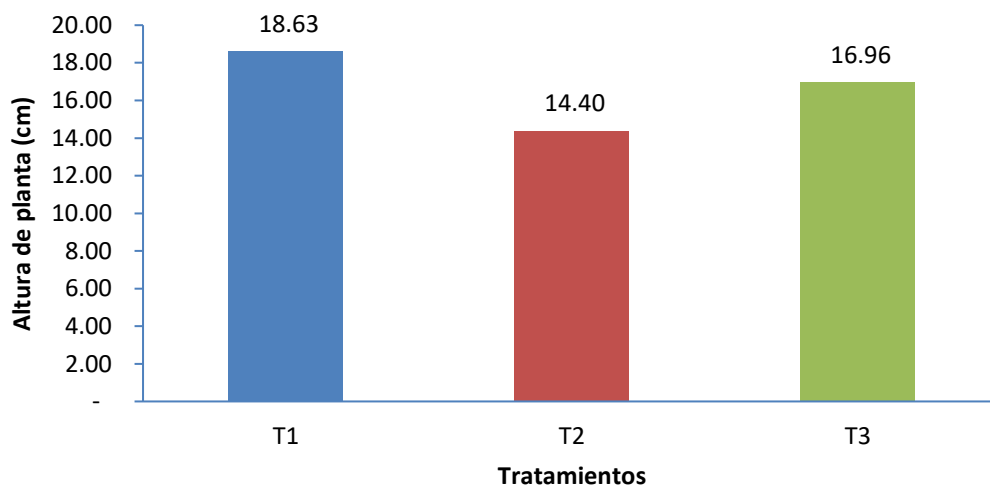
Tabla 36

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	18,63	a
2°	T3	16,96	ab
3°	T2	14,40	b

Figura 13

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la albahaca.



4.1.2.4 Tercera evaluación de altura de planta.

En la tabla 22 se puede observar el ANVA de la tercera evaluación de altura de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente

de variabilidad del 7,97 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 37

Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la albahaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	75,98	37,99	5,217	4.459	8.649	*
Bloques	4	4,12	1,03	0,141	3.838	7.006	Ns
Error	8	58,25	7,28				
Total	14	138,34					

Nota: C.V.= 7,97 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 36 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo la mejor altura de la albahaca con un promedio de 36,66 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 33,70 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 31,15 cm; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 13 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM obtuvo el mejor resultado en la tercera evaluación de altura de la albahaca.

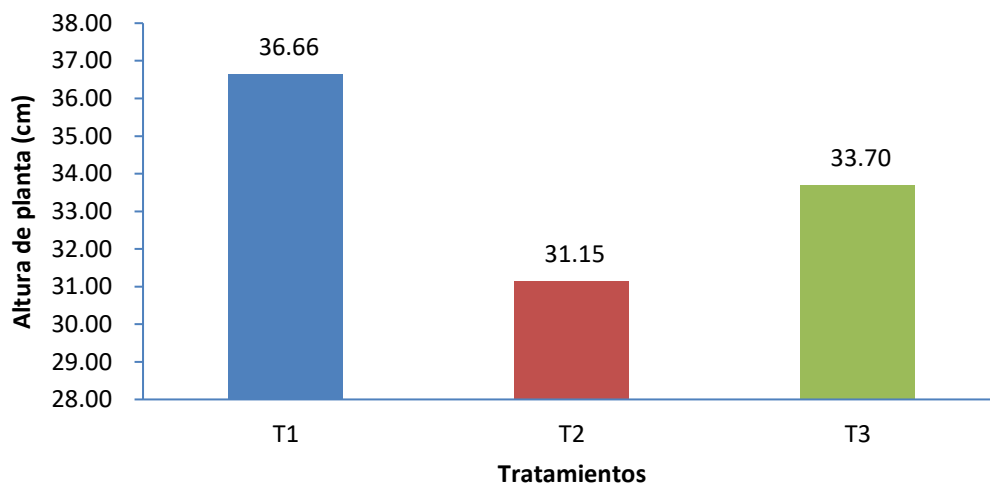
Tabla 38

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la tercera evaluación de altura de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	36,66	a
2°	T3	33,70	ab
3°	T2	31,15	b

Figura 14

Comparación de medidas de Duncan (0,05) por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la albahaca



4.1.2.5 Evaluación de diámetro de planta.

En la tabla 39 se puede observar el ANVA de la evaluación del diámetro de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente

de variabilidad del 10,36 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 39

Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la albahaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	23,20	11,60	6,664	4.46	8.65	*
Bloques	4	0,80	0,20	0,115	3.84	7.01	ns
Error	8	13,93	1,74				
Total	14	37,92					

Nota: C.V.= 10,36 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 40 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo el mejor diámetro de la albahaca con un promedio de 14,27 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio cercano de 12,72 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 11,23 cm; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T3. En la figura 14 se puede notar la cercanía entre T3 con T1 y la diferencia entre T3 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento testigo (sin adicción de EM) pudo lograr un mejor resultado en el diámetro de la albahaca.

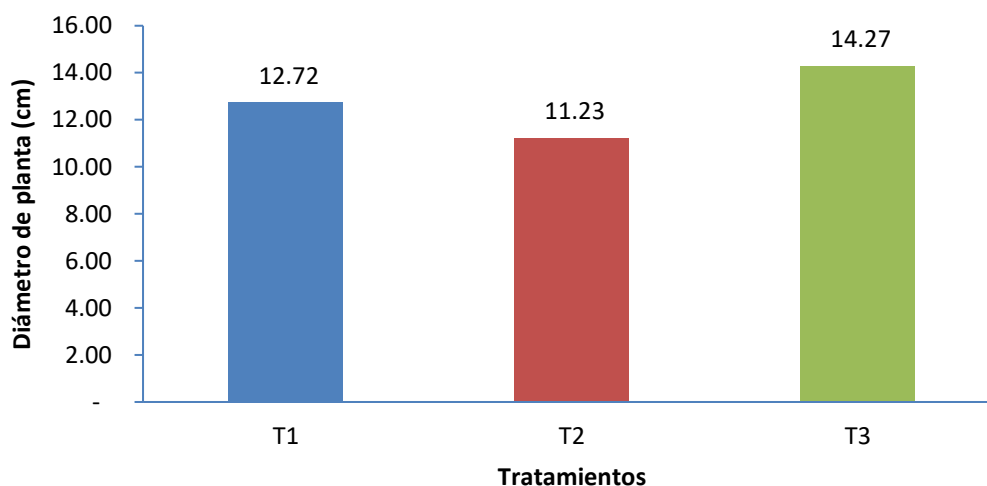
Tabla 40

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	14,27	a
2°	T1	12,72	ab
3°	T2	11,23	b

Figura 15

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la albahaca



4.1.2.6 Segunda evaluación de diámetro de planta.

En la tabla 41 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación del diámetro de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 6,03 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 41

Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	52,17	26,08	8,222	4.46	8.65	*
Bloques	4	2,91	0,73	0,229	3.84	7.01	ns
Error	8	25,38	3,17				
Total	14	80,46					

Nota: C.V.= 6,03 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 42 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor diámetro de la albahaca con un promedio de 31,06 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 30,60 cm, pero ambos sí se diferenciaron significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio de 26,89 cm. En la figura 15 se puede notar la similitud entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T3 con T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento testigo (sin adicción de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la segunda evaluación del diámetro de la albahaca.

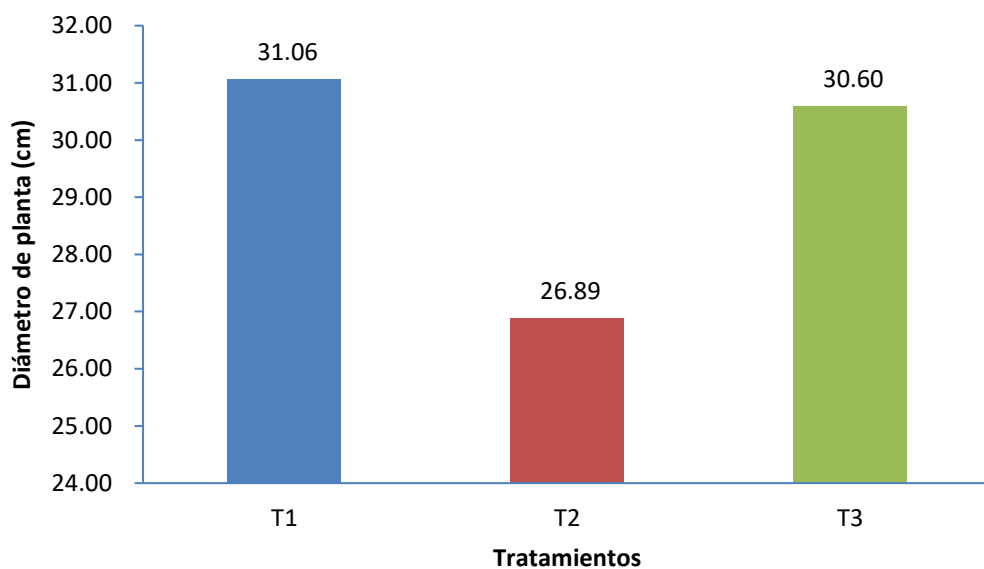
Tabla 42

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	31,06	a
2°	T3	30,60	a
3°	T2	26,89	b

Figura 16

Comparación de medias de Duncan (0,05) de la segunda evaluación de diámetro de la albahaca



4.1.2.7 Evaluación de rendimiento por unidad experimental.

En la tabla 43 se puede observar el ANVA del rendimiento por unidad experimental de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se

decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 11,62 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 43

Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la albahaca/unidad experimental

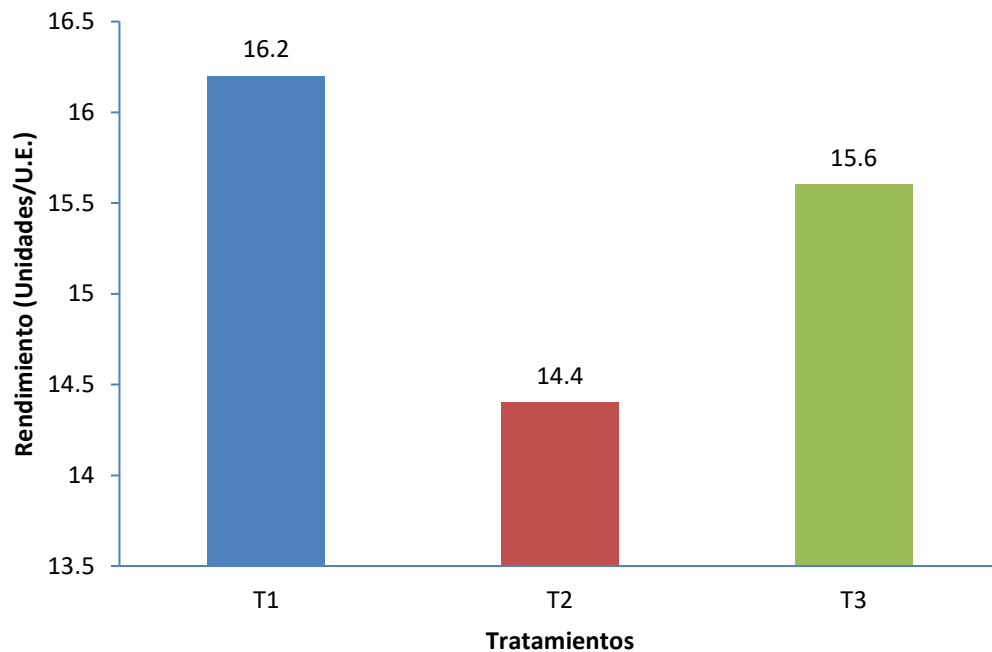
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	8,40	4,20	1,313	4.46	8.65	ns
Bloques	4	3,60	0,90	0,281	3.84	7.01	ns
Error	8	25,60	3,20				
Total	14	37,60					

Nota: C.V.= 11,62 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 16 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron rendimientos cercanos siendo de 16,2 unid. / U.E 14,4 unid. / U.E y 15,6 unid. / U.E respectivamente.

Figura 17

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la albahaca/unidad experimental



4.1.2.8 Evaluación de rendimiento por hectárea.

En la tabla 44 se puede observar el ANVA del rendimiento por hectárea de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 14,26 % que, a pesar de mostrar una variabilidad moderada, indica que dentro de los límites la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 44*Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	1.067.520,0	533.760,0	7,220	4.459	8.649	*
Bloques	4	43.406,7	10.851,7	0,147	3.838	7.006	Ns
Error	8	591.413,3	73.926,7				
Total	14	1.702.340,0					

Nota: C.V.= 14,26%

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 45 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor rendimiento de la albahaca con un promedio de 2 275 kg/ha, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 1 795 kg/ha, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 1 651 kg/ha ; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 17 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos EM y el tratamiento testigo pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento de la albahaca por hectárea.

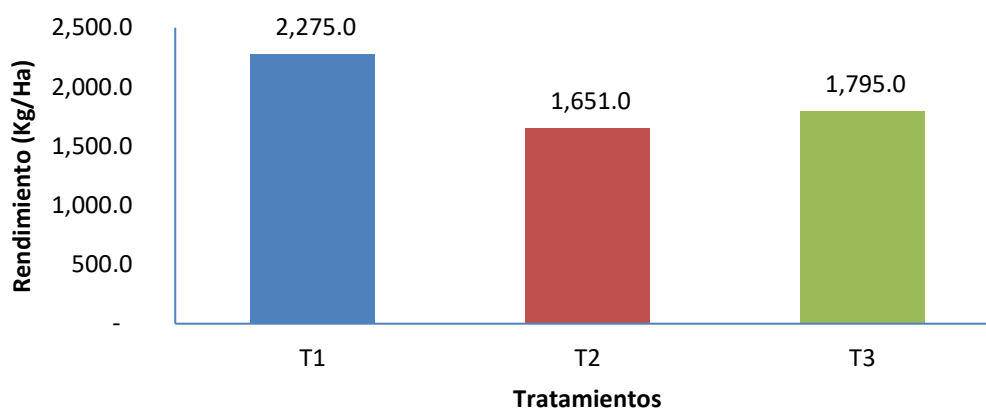
Tabla 45

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (kg/ha)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	2 275,00	a
2°	T3	1 795,00	ab
3°	T2	1 651,00	b

Figura 18

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la albahaca



4.1.2.9 Evaluación de materia seca.

En la tabla 46 se puede observar el ANVA de la evaluación de materia seca de la albahaca el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado menor al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 6,34 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 46

Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la albahaca

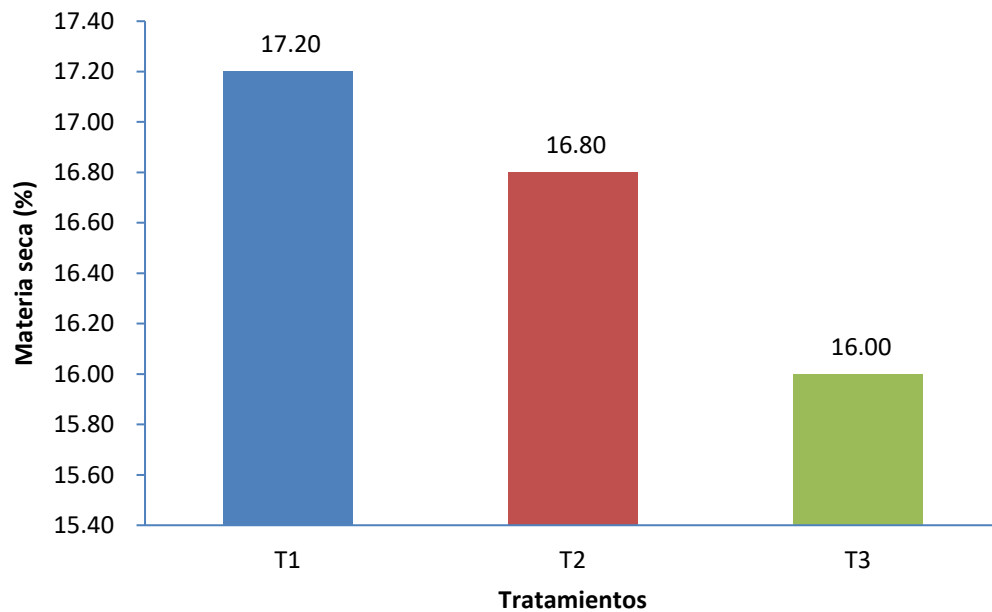
F. de V.	G.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
	L.				0,05	0,01	
Tratamientos	2	3,73	1,87	1,672	4.459	8.649	ns
Bloques	4	0,67	0,17	0,149	3.838	7.006	ns
Error	8	8,93	1,12				
Total	14	13,33					

Nota: C.V.= 6,34 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 18 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron porcentajes similares siendo de 17,20 %, 16,80 % y 16,00 % respectivamente.

Figura 19

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la albahaca



4.1.3 Cultivo de espinaca.

4.1.3.1 Evaluación de prendimiento.

En la tabla 47 se puede observar el ANVA de evaluación de prendimiento de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 6,29 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 47*Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la espinaca*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	202,13	101,07	4,808	4,46	8,65	*
Bloques	4	22,32	5,58	0,265	3,84	7,01	ns
Error	8	168,17	21,02				
Total	14	392,62					

Nota: C.V.= 6,29 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 48 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mayor prendimiento de espinaca con un promedio del 77,7 %, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 72,2 %, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (2) que tuvo un promedio próximo de 68,8 %; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 19 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adicción de EM y el tratamiento testigo (sin adicción de EM) pudieron lograr un mejor resultado en el porcentaje de prendimiento en el cultivo de espinaca.

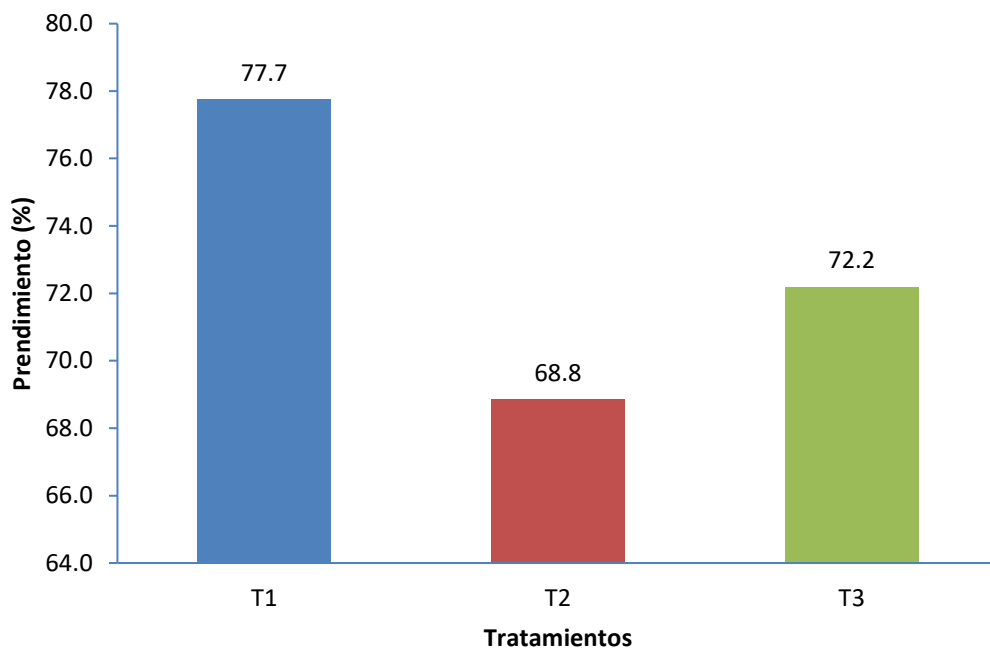
Tabla 48

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	77,7	a
2°	T3	72,2	ab
3°	T2	68,8	b

Figura 20

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la espinaca



4.1.3.2 Primera evaluación de altura de planta.

En la tabla 49 se puede observar el ANVA de la primera evaluación de altura de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener el F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al

diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 7,46 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 49

Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	5,73	2,87	10,309	4,46	8,65	*,*
Bloques	4	2,51	0,63	2,257	3,84	7,01	ns
Error	8	2,22	0,28				
Total	14	10,46					

Nota: C.V.= 7,46 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 50 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo la mejor altura de la espinaca con un promedio de 7,89 cm, en cambio el tratamiento 3 (T3) y tratamiento 1 (T1) fueron similares obteniendo un promedio de 6,91 cm y 6,40 cm respectivamente. En la figura 20 se puede notar la diferencia entre T2 con T3 y T1, evidenciando que al aplicar los microorganismos eficientes nativos MENDE se puede lograr un óptimo resultado en la primera evaluación de altura de la espinaca, superando significativamente al tratamiento testigo y al tratamiento con adición de EM.

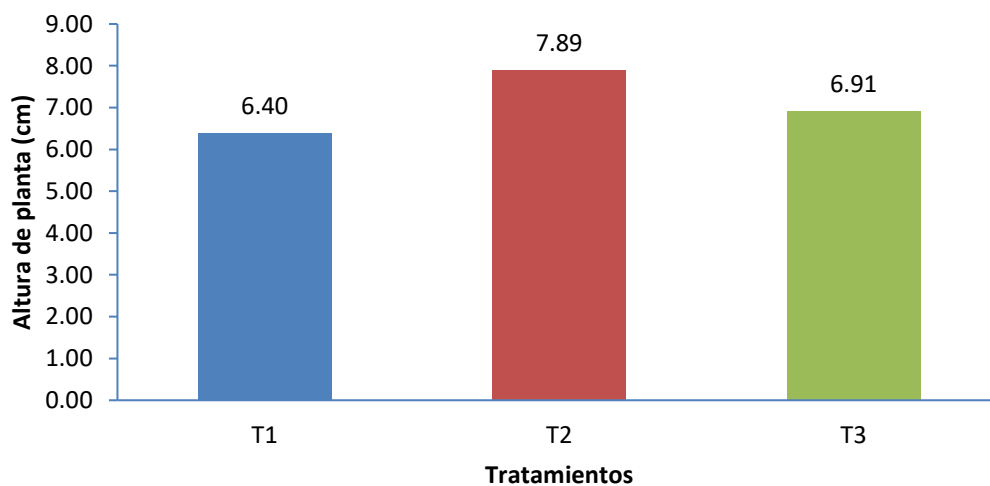
Tabla 50

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	7,89	a
2°	T3	6,91	b
3°	T1	6,40	b

Figura 21

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la espinaca



4.1.3.3 Segunda evaluación de altura de planta.

En la tabla 51 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación de altura de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente

de variabilidad del 4,83 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 51

Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	9,97	4,98	5,431	4,46	8,65	*
Bloques	4	6,09	1,52	1,658	3,84	7,01	Ns
Error	8	7,34	0,92				
Total	14	23,40					

Nota: C.V.= 4,83 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 52 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo la mejor altura de la espinaca con un promedio de 20,45 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 20,38 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio próximo de 18,69 cm; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 21 se puede notar la cercanía entre T1 con T2 y la diferencia entre T1 y T3, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE pudieron lograr un mejor resultado en la segunda evaluación de altura de la espinaca.

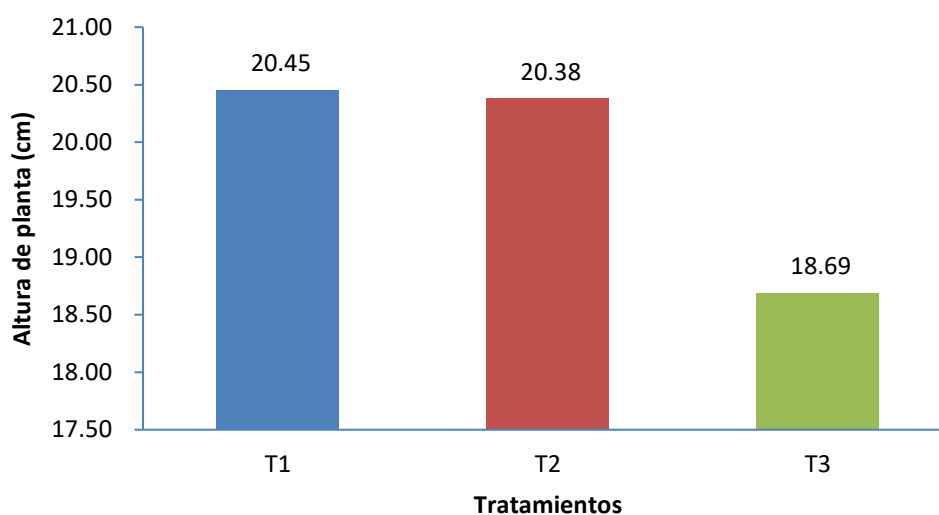
Tabla 52

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la segunda evaluación de altura de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	20,45	a
2°	T2	20,38	ab
3°	T3	18,69	b

Figura 22

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la espinaca



4.1.3.4 Tercera evaluación de altura de planta.

En la tabla 53 se puede observar el ANVA de la tercera evaluación de altura de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente

de variabilidad del 3,17 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 53

Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	8,67	4,34	4,647	4,46	8,65	*
Bloques	4	0,20	0,05	0,053	3,84	7,01	ns
Error	8	7,47	0,93				
Total	14	16,34					

Nota: C.V.= 3,17 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 54 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo la mejor altura de la espinaca con un promedio de 31,50 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio cercano de 30,22 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio próximo de 29,69 cm; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T2. En la figura 22 se puede notar la cercanía entre T2 con T1 y la diferencia entre T2 y T3, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE y el tratamiento con adición de EM pudieron lograr un mejor resultado en la tercera evaluación de altura de la espinaca.

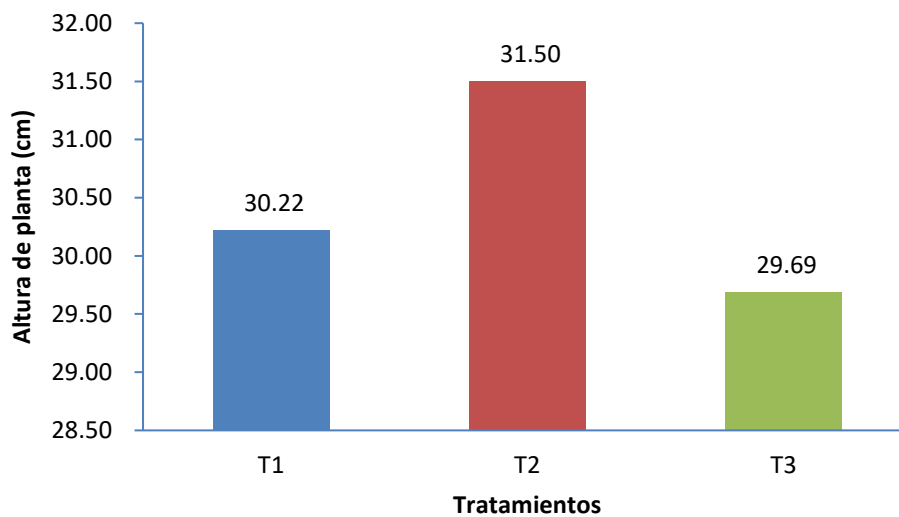
Tabla 54

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la tercera evaluación de altura de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	31,50	a
2°	T1	30,22	ab
3°	T3	29,69	b

Figura 23

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la espinaca



4.1.3.5 Evaluación de diámetro de planta.

En la tabla 55 se puede observar el ANVA de la evaluación del diámetro de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 7,78 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 55

Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	154,96	77,48	10,256	4,46	8,65	*,*
Bloques	4	64,39	16,10	2,131	3,84	7,01	ns
Error	8	60,44	7,55				
Total	14	279,79					

Nota: C.V.= 7,78 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 56 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo el mejor diámetro de la espinaca con un promedio de 37,65 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 37,58 cm, pero ambos si se diferenciaron del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio de 30,80 cm. En la figura 23 se puede notar la cercanía entre T2 y T3 y la diferencia de ambos entre T1, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE y el tratamiento testigo (sin adición de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación del diámetro de la espinaca.

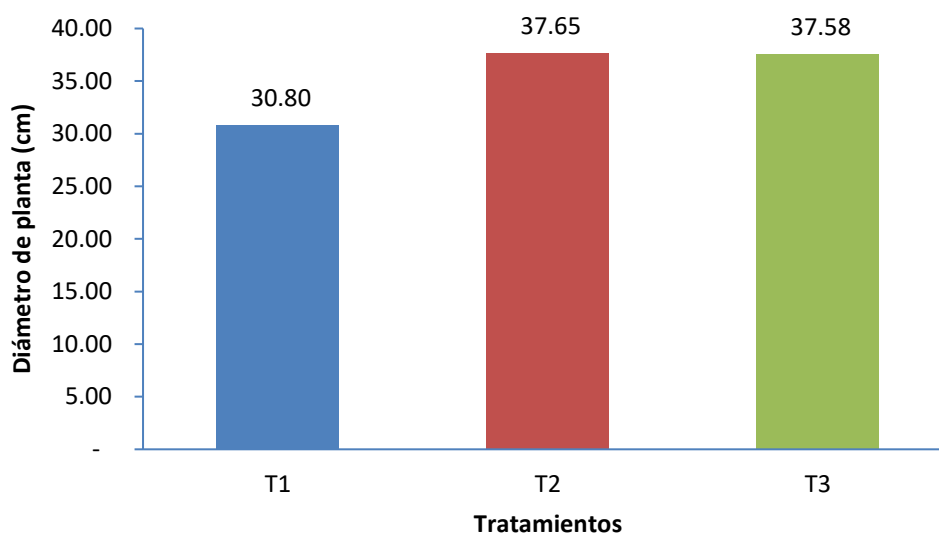
Tabla 56

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	37,65	a
2°	T3	37,58	a
3°	T1	30,80	b

Figura 24

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la espinaca



4.1.3.6 Segunda evaluación de diámetro de planta.

En la tabla 57 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación del diámetro de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 14,78 % que, a pesar de mostrar una variabilidad moderada, indica que dentro de los límites la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 57

Análisis de varianza de la segunda evaluación de diámetro de la espinaca

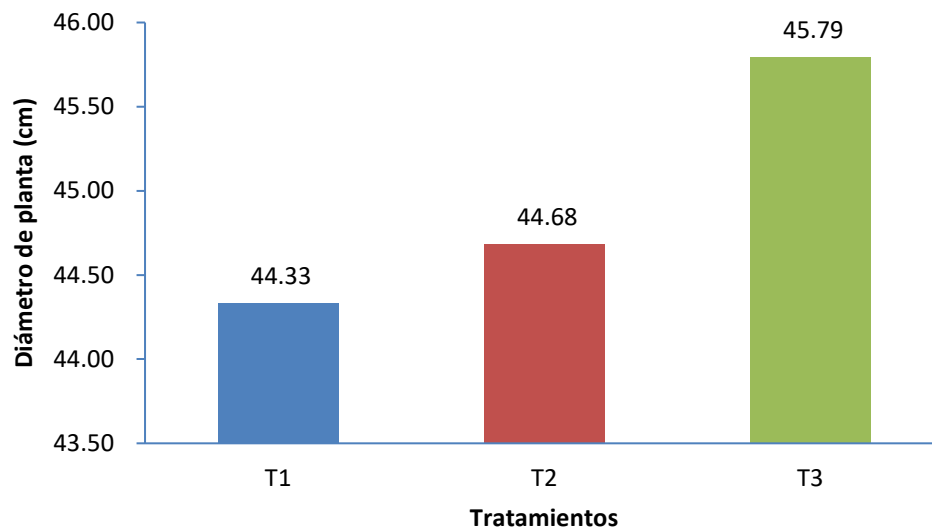
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	5,82	2,91	0,066	4,46	8,65	ns
Bloques	4	314,38	78,59	1,783	3,84	7,01	ns
Error	8	352,72	44,09				
Total	14	672,92					

Nota: C.V.= 14,78 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 24 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron diámetros similares siendo de 44,33 cm, 44,68 cm y 45,79 cm respectivamente.

Figura 25

Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de diámetro de la espinaca



4.1.3.7 Evaluación de rendimiento por unidad experimental.

En la tabla 58 se puede observar el ANVA de la evaluación de rendimiento por unidad experimental de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8,30 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 58*Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la espinaca/unidad experimental*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	7,60	3,80	5,302	4,46	8,65	*
Bloques	4	1,07	0,27	0,372	3,84	7,01	ns
Error	8	5,73	0,72				
Total	14	14,40					

Nota: C.V.= 8,30 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 59 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor rendimiento de la espinaca con un promedio de 11,2 unid./U.E, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 9,8 unid./U.E, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 9,60 unid./U.E; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 25 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento testigo (sin adición de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación de rendimiento de la espinaca por unidad experimental.

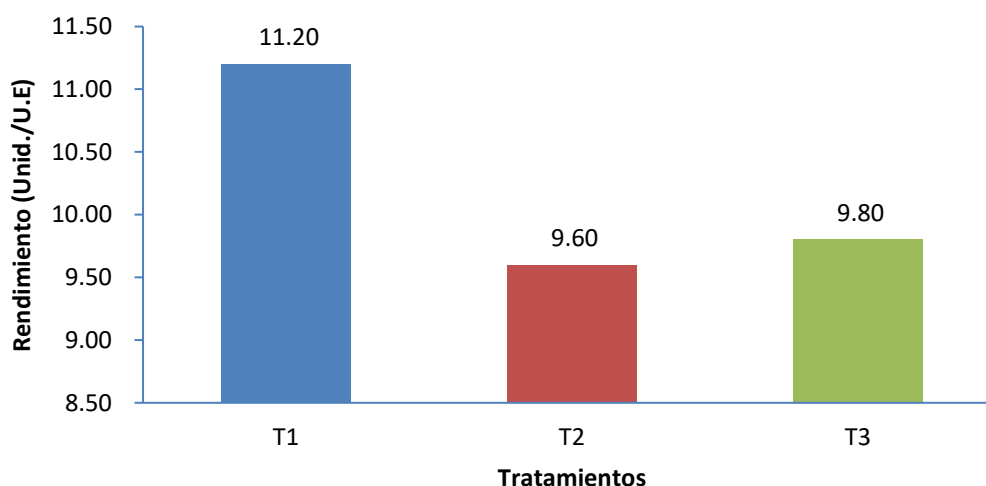
Tabla 59

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento de espinaca/unidad experimental

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (unid. /UE).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	11,20	a
2°	T3	9,80	ab
3°	T2	9,60	b

Figura 26

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la espinaca/unidad experimental



4.1.3.8 Evaluación de rendimiento por hectárea.

En la tabla 60 se puede observar el ANVA del rendimiento por hectárea de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se

decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 10,99 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 60

Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	134.063,3	67.031,7	15,342	4,46	8,65	*,*
Bloques	4	25.756,7	6.439,17	1,474	3,84	7,01	Ns
Error	8	34.953,3	4.369,17				
Total	14	194.773,3					

Nota: C.V.= 10,99 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 61 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo el mejor rendimiento de la espinaca con un promedio de 736 kg/ha, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 1 537 kg/ha, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 535 kg/ha ; sin embargo, el T1 sí se diferenció del T2. En la figura 26 se puede notar la cercanía entre T2 con T3 y la diferencia entre T2 y T1, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE y el tratamiento testigo pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento de la espinaca por hectárea.

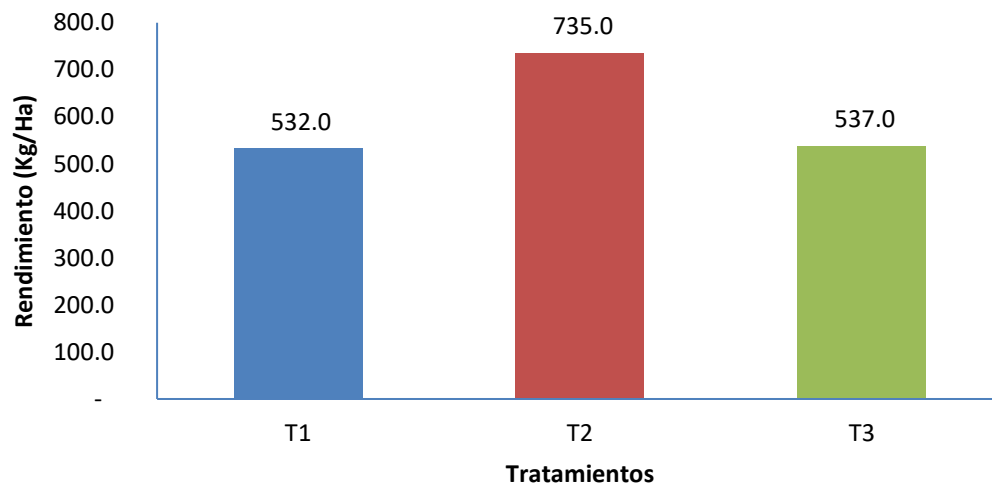
Tabla 61

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (kg/ha).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	735,00	a
2°	T3	537,00	b
3°	T1	532,00	b

Figura 27

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la espinaca



4.1.3.9 Evaluación de materia seca.

En la tabla 62 se puede observar el ANVA de la evaluación de materia seca de la espinaca el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo

un coeficiente de variabilidad del 4,08 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 62

Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la espinaca

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	6,53	3,27	9,333	4,46	8,65	*.*
Bloques	4	2,00	0,50	1,429	3,84	7,01	ns
Error	8	2,80	0,35				
Total	14	11,33					

Nota: C.V.= 4,80 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 63 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor porcentaje de materia seca con un promedio de 13,2 %, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 12,2 %, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio de 11,6 %; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 27 se puede notar la similitud entre T1 con T2 y la diferencia entre T1 y T3 con T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación de materia seca de la espinaca.

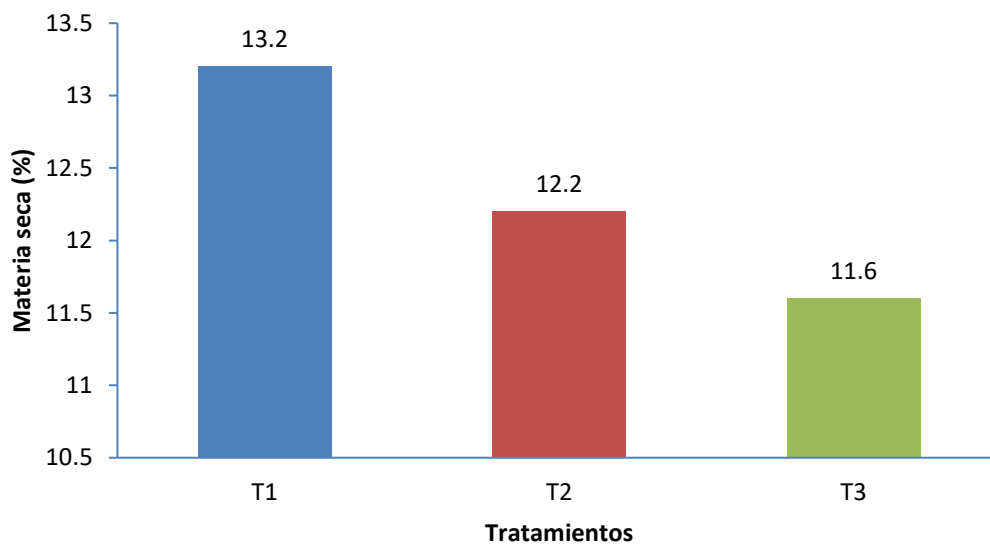
Tabla 63

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de materia seca de la espinaca

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	13,20	a
2°	T2	12,20	ab
3°	T3	11,60	b

Figura 28

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de materia seca de la espinaca



4.1.4 Cultivo de betarraga.

4.1.4.1 Evaluación de prendimiento.

En la tabla 64 se puede observar el ANVA de evaluación de prendimiento de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia

significativa al obtener un F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 2,18 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 64

Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento de la betarraga

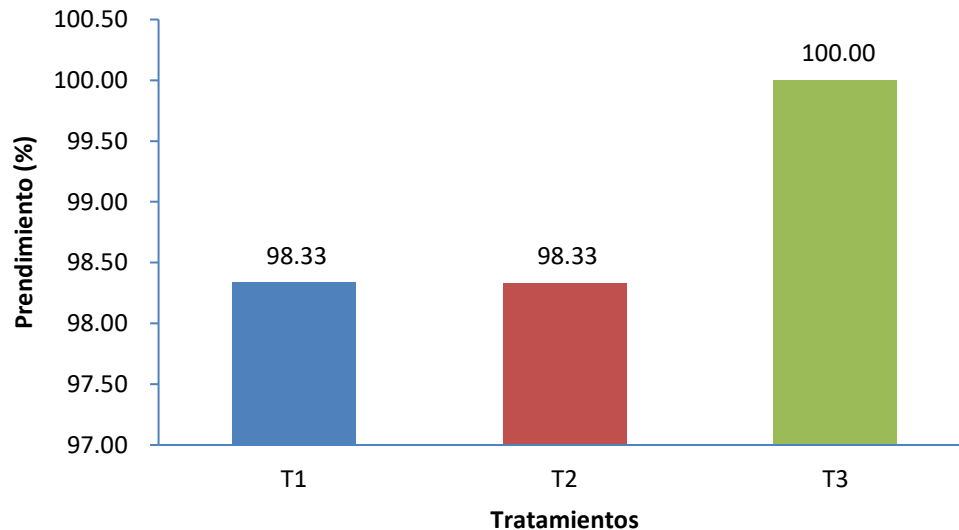
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	9,26	4,63	1,001	4,46	8,65	ns
Bloques	4	39,35	9,84	2,126	3,84	7,01	ns
Error	8	37,02	4,63				
Total	14	85,64					

Nota: C.V.= 2,18 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 28 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron porcentajes cercanos siendo del 98,3 %, 98,3% y 100 % respectivamente.

Figura 29

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de prendimiento de la betarraga



4.1.4.2 Primera evaluación de altura de planta.

En la tabla 65 se puede observar el ANVA de la primera evaluación de altura de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 6,31 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 65

Análisis de varianza de la primera evaluación de altura de la beterraga

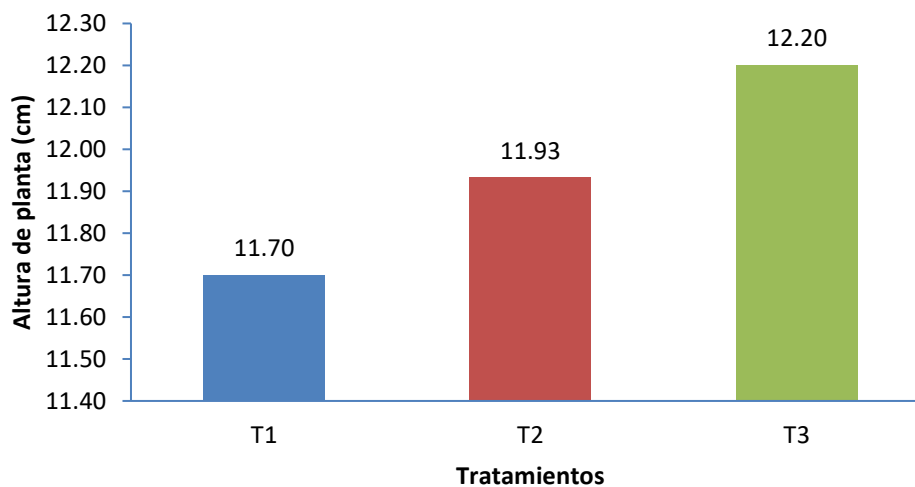
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0,63	0,31	0,551	4,46	8.65	ns
Bloques	4	1,44	0,36	0,633	3,84	7.01	ns
Error	8	4,55	0,57				
Total	14	6,61					

Nota. C.V.= 6,31 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 29 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron alturas cercanas siendo de 11,70 cm, 11,93 cm y 12,20 cm respectivamente.

Figura 30

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura de la beterraga



4.1.4.3 Segunda evaluación de altura de planta.

En la tabla 66 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación de altura de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8,23 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 66

Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura de la betarraga

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	2,09	1,04	0,276	4,46	8,65	ns
Bloques	4	12,89	3,22	0,853	3,84	7,01	ns
Error	8	30,20	3,78				
Total	14	45,17					

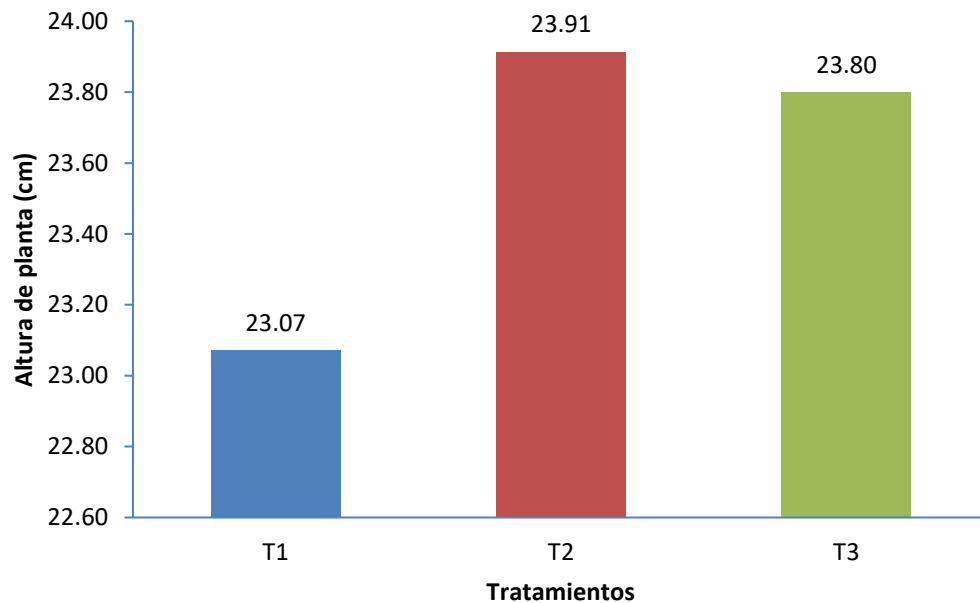
Nota: C.V.= 8,23 %

Por

consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 30 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron alturas cercanas siendo de 23,07 cm, 23,91 cm y 23,80 cm respectivamente.

Figura 31

Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de altura de la betarraga



4.1.4.4 Tercera evaluación de altura de planta.

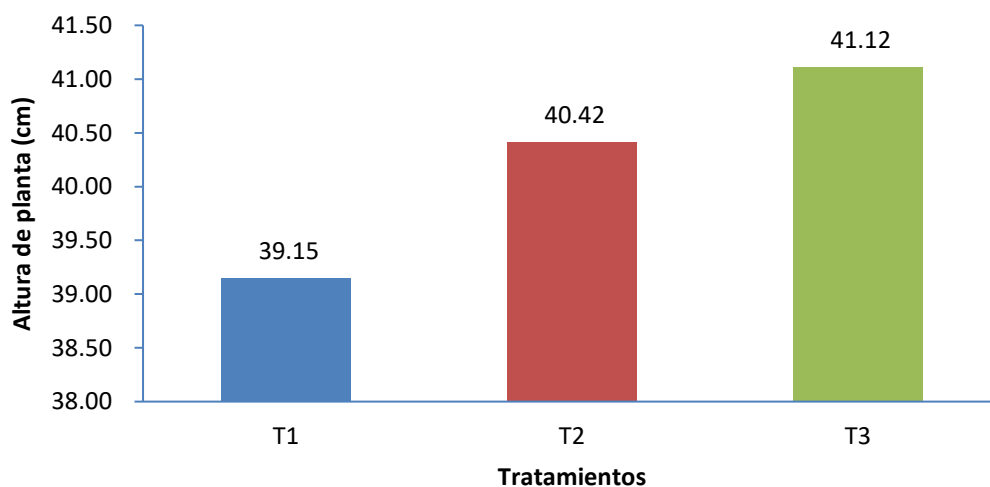
En la tabla 67 se puede observar el ANVA de la tercera evaluación de altura de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 3,41 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 67*Análisis de varianza de la tercera evaluación de altura de la betarraga*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	9,95	4,98	2,643	4,46	8,65	ns
Bloques	4	6,16	1,54	0,819	3,84	7,01	ns
Error	8	15,06	1,88				
Total	14	31,18					

Nota: C.V.= 3,41 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 31 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron alturas cercanas siendo de 39,15 cm, 40,42 cm y 41,12 cm respectivamente.

Figura 32*Comparación de medias por tratamiento de la tercera evaluación de altura de la betarraga*

4.1.4.5 Evaluación de diámetro de raíz.

En la tabla 68 se puede observar el ANVA de la evaluación del diámetro de raíz de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 2,37 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 68

Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de raíz de la beterraga

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	38,33	19,17	7,632	4,46	8,65	*
Bloques	4	13,86	3,47	1,380	3,84	7,01	ns
Error	8	20,09	2,51				
Total	14	72,29					

Nota: C.V.= 2,37 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 69 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo el mejor diámetro de raíz de la beterraga con un promedio de 68,29 mm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 67,63 mm, pero ambos si se diferenciaron del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio de 64,62 mm. En la

figura 32 se puede notar la cercanía entre T3 y T2 y la diferencia de ambos entre T1, evidenciando en este caso que el tratamiento testigo (sin adición de EM) y el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación del diámetro de raíz de la betarraga.

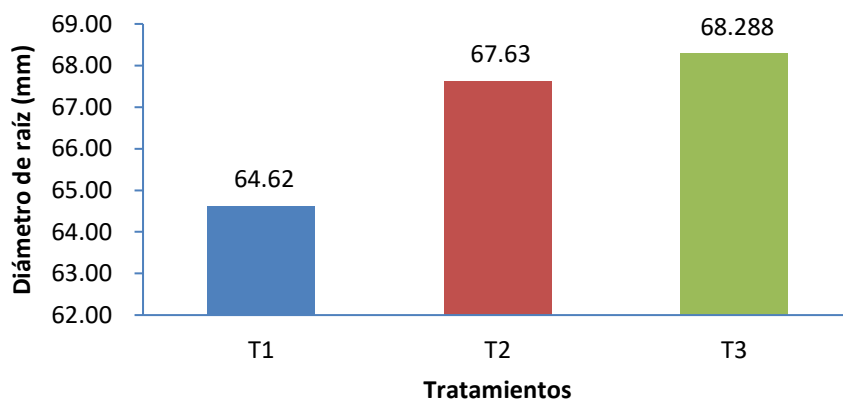
Tabla 69

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de raíz de la betarraga

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (mm).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	68,29	a
2°	T2	67,63	a
3°	T1	64,62	b

Figura 33

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de raíz de la beterraga



4.1.4.6 Evaluación de rendimiento por unidad experimental.

En la tabla 70 se puede observar el ANVA de evaluación de rendimiento por unidad experimental de la beterraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 11,88 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 70

Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento de la beterraga/unidad experimental

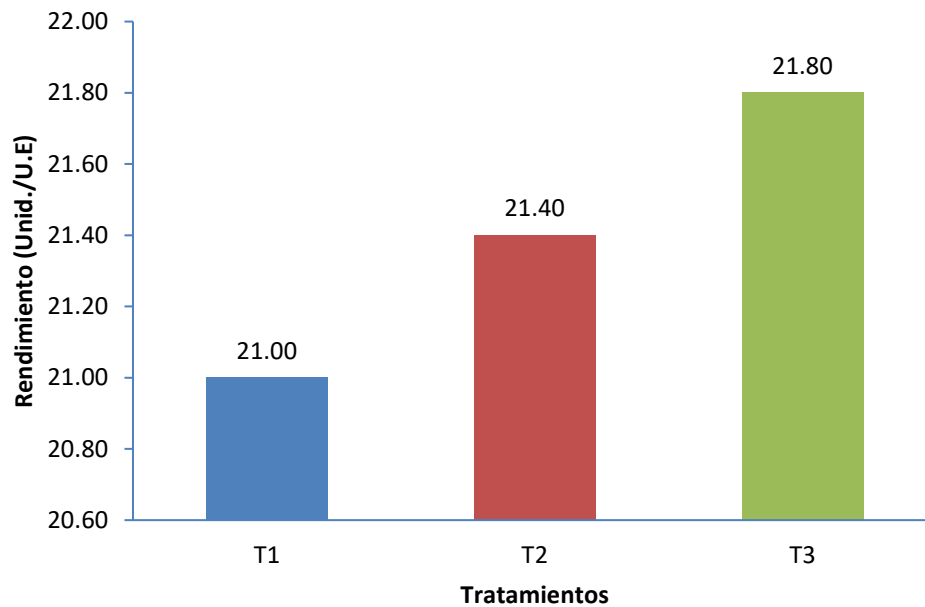
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	1,60	0,80	0,124	4,46	8,65	ns
Bloques	4	6,27	1,57	0,242	3,84	7,01	ns
Error	8	51,73	6,47				
Total	14	59,60					

Nota: C.V.= 11,88 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 33 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron rendimientos cercanos siendo de 21 unid. / U.E 21,40 unid. / U.E y 21,80 unid. / U.E respectivamente.

Figura 34

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación del rendimiento de la betarraga/unidad experimental



4.1.4.7 Evaluación de rendimiento por hectárea.

En la tabla 71 se puede observar el ANVA del rendimiento por hectárea de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8,68 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 71*Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	1.215.563,3	607.781,7	5,150	4,46	8,65	*
Bloques	4	370.243,3	92.560,8	0,784	3,84	7,01	ns
Error	8	944.186,7	118.023,3				
Total	14	2.529.993,3					

Nota: C.V.= 8,68 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 72 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo el mejor rendimiento de la betarraga con un promedio de 4 190 kg/ha, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 4 122 kg/ha, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 3 555 kg/ha ; sin embargo, el T1 sí se diferenció del T2. En la figura 34 se puede notar la cercanía entre T2 con T3 y la diferencia entre T2 y T1, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE y el tratamiento testigo pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento de la betarraga por hectárea.

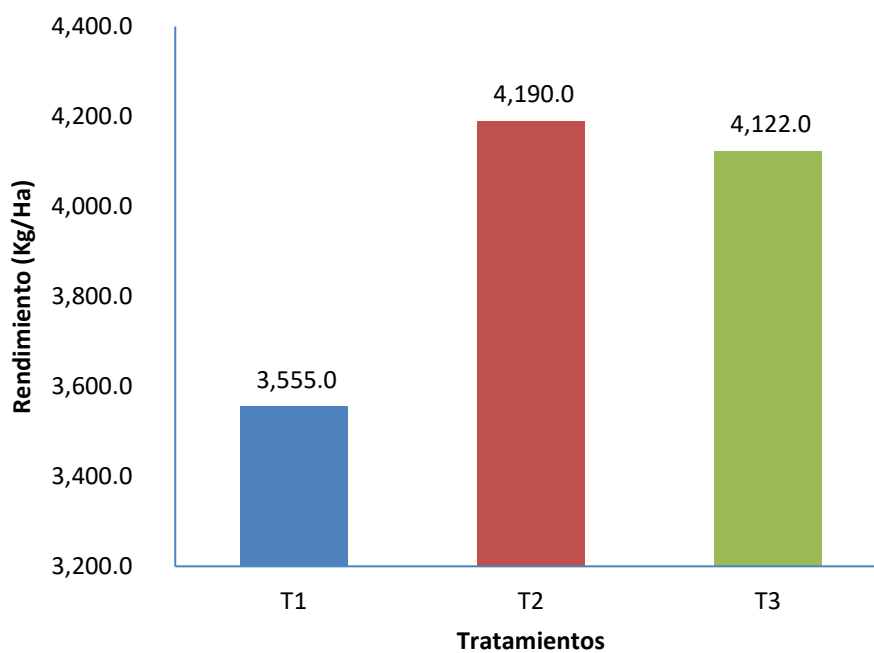
Tabla 72

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga

Orden de mérito	Tratamientos	Promedio (kg/ha)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	4 190,00	a
2°	T3	4 122,00	ab
3°	T1	3 555,00	b

Figura 35

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de la betarraga



4.1.4.8 Evaluación de materia seca.

En la tabla 73 se puede observar el ANVA de la evaluación de materia seca de la betarraga el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia

significativa al obtener un F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 6,60 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 73

Análisis de varianza de la evaluación de materia seca de la betarraga

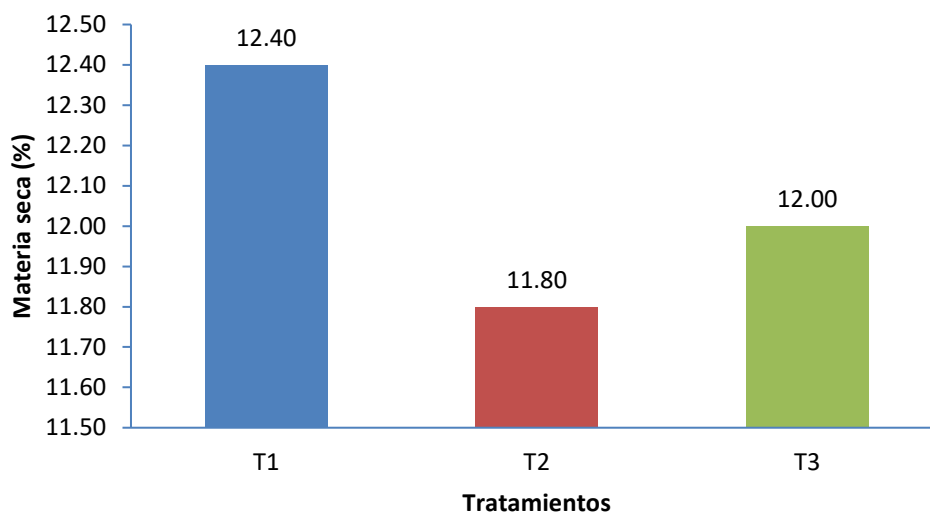
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	0,93	0,47	0,737	4,46	8,65	ns
Bloques	4	0,93	0,23	0,368	3,84	7,01	ns
Error	8	5,07	0,63				
Total	14	6,93					

Nota: C.V.= 6,60 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 35 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron porcentajes de materia seca cercanos siendo del 12,40 %, 11,80 % y 12,00 % respectivamente.

Figura 36

Comparación de medias por tratamiento de la evaluación de materia seca de la betarraga



4.1.5 Cultivo de rabanito.

4.1.5.1 Evaluación de prendimiento.

En la tabla 74 se puede observar el ANVA de evaluación de prendimiento del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 6,98 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 74*Análisis de varianza de la evaluación de prendimiento del rabanito*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	465,29	232,64	6,444	4,46	8,65	*
Bloques	4	96,11	24,03	0,666	3,84	7,01	ns
Error	8	288,82	36,10				
Total	14	850,22					

Nota: C.V.= 6,98 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 75 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mayor prendimiento del rabanito con un promedio del 91,1 %, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio cercano de 88,9 %, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (3) que tuvo un promedio próximo de 78,3 %; sin embargo, el T3 sí se diferenció del T1. En la figura 36 se puede notar la cercanía entre T1 con T2 y la diferencia entre T1 y T3, evidenciando en este caso que el tratamiento con adicción de EM y el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE pudieron lograr un mejor resultado en el porcentaje de prendimiento en el cultivo de rabanito.

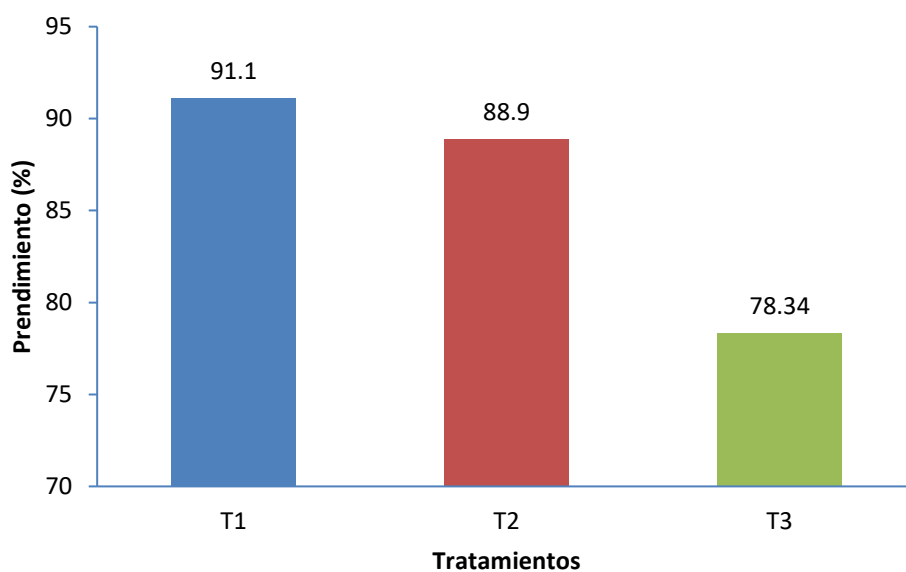
Tabla 75

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de prendimiento del rabanito

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	91,1	a
2°	T2	88,9	ab
3°	T3	78,3	b

Figura 37

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de prendimiento del rabanito



4.1.5.2 Primera evaluación de altura de planta.

En la tabla 76 se puede observar el ANVA de la primera evaluación de altura del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener el F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al

menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 5,26 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 76

Análisis de varianza de la primera evaluación de altura del rabanito

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	6,18	3,09	6,082	4,46	8,65	*
Bloques	4	4,31	1,08	2,119	3,84	7,01	Ns
Error	8	4,06	0,51				
Total	14	14,55					

Nota: C.V.= 5,26 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 77 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo la mejor altura del rabanito con un promedio de 14,39 cm, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 13,37 cm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 12,85 cm; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 37 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adicción de EM y el tratamiento testigo (sin adicción de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la primera evaluación de altura del rabanito.

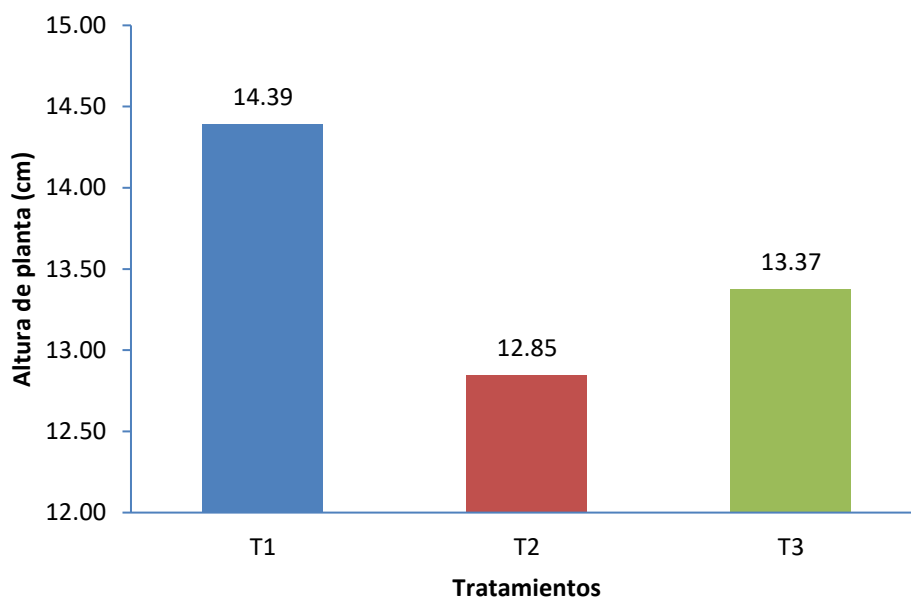
Tabla 77

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la primera evaluación de altura del rabanito

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (cm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	14,39	a
2°	T3	13,37	ab
3°	T2	12,85	b

Figura 38

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la primera evaluación de altura del rabanito



4.1.5.3 Segunda evaluación de altura de planta.

En la tabla 78 se puede observar el ANVA de la segunda evaluación de altura del rabanito el cual indica que entre los tratamientos no hubo una diferencia

significativa al obtener el F calculado inferior al F tabulado (0,05 %), por lo que al no diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 9,21 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 78

Análisis de varianza de la segunda evaluación de altura del rabanito

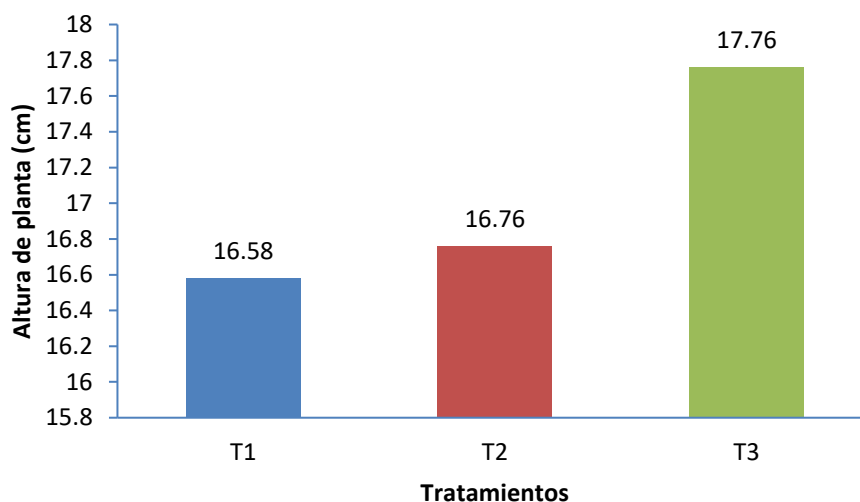
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	4,06	2,03	0,823	4,46	8,65	ns
Bloques	4	6,58	1,64	0,667	3,84	7,01	ns
Error	8	19,71	2,46				
Total	14	30,34					

Nota: C.V.= 9,21 %

Por consiguiente, no se aplicó el test Duncan al no haber significancia entre los tratamientos; sin embargo, los resultados promedio de los tratamientos se presentan en la figura 38 donde se puede observar que el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3) obtuvieron alturas cercanas siendo de 16,58 cm, 16,76 cm y 17,76 cm respectivamente.

Figura 39

Comparación de medias por tratamiento de la segunda evaluación de altura del rabanito



4.1.5.4 Evaluación de diámetro de raíz.

En la tabla 68 se puede observar el ANVA de la evaluación del diámetro de raíz del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 4,62 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 79*Análisis de varianza de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	112,47	56,24	6,831	4,46	8,65	*
Bloques	4	45,42	11,35	1,379	3,84	7,01	ns
Error	8	65,86	8,23				
Total	14	223,75					

Nota: C.V.= 4,62 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 80 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor diámetro de raíz del rabanito con un promedio de 64,40 mm, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 63,65 mm, pero ambos si se diferenciaron del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio de 58,25 mm. En la figura 39 se puede notar la cercanía entre T1 y T3 y la diferencia de ambos entre T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento testigo (sin adición de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación del diámetro de raíz del rabanito.

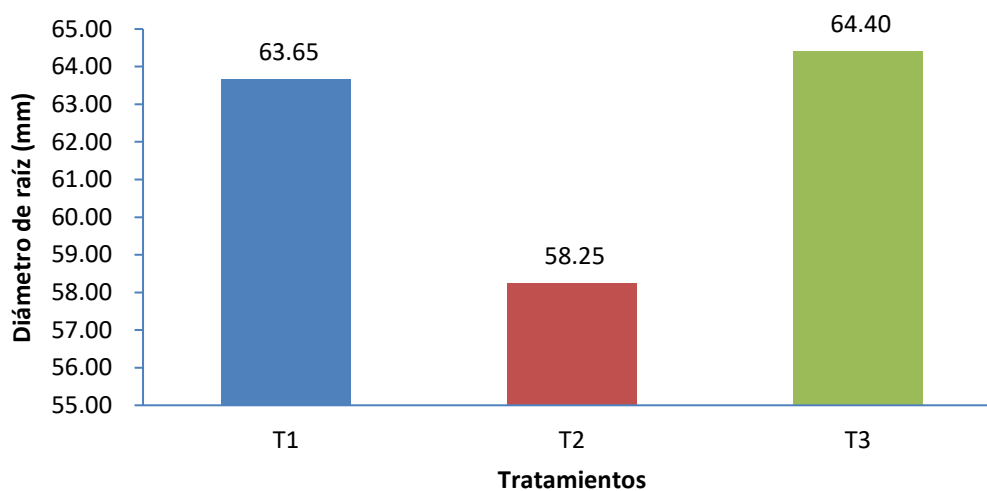
Tabla 80

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (mm)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	64,40	a
2°	T1	63,65	a
3°	T2	58,25	b

Figura 40

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de diámetro de la raíz del rabanito



4.1.5.5 Evaluación de rendimiento por unidad experimental.

En la tabla 81 se puede observar el ANVA del rendimiento por unidad experimental del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que

al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 8,27 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 81

Análisis de varianza de la evaluación del rendimiento del rabanito/unidad experimental

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	54,53	27,27	6,150	4,46	8,65	*
Bloques	4	11,73	2,93	0,662	3,84	7,01	ns
Error	8	35,47	4,43				
Total	14	101,73					

Nota: C.V.= 8,27 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 82 donde se puede resaltar que el tratamiento 1 (T1) obtuvo el mejor rendimiento del rabanito con un promedio de 28 unid./U.E, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 25 unid./U.E, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 23,4 unid./U.E; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T1. En la figura 40 se puede notar la cercanía entre T1 con T3 y la diferencia entre T1 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento con adición de EM y el tratamiento testigo (sin

adición de EM) pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento del rabanito por unidad experimental.

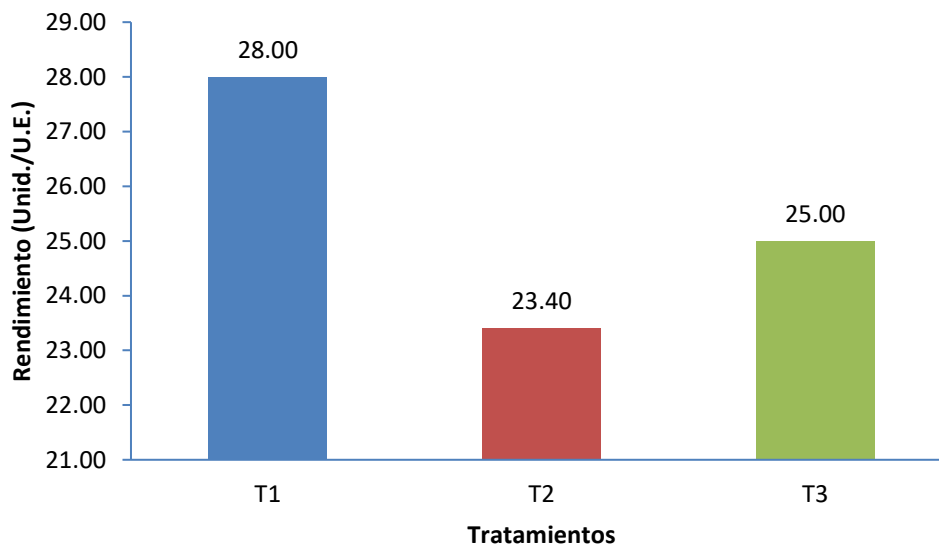
Tabla 82

Prueba de comparación múltiple de Duncan de evaluación de rendimiento del rabanito/unidad experimental

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (unid. /UE).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T1	28,00	a
2°	T3	25,00	ab
3°	T2	23,40	b

Figura 41

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación del rendimiento del rabanito/unidad experimental



4.1.5.6 Evaluación de rendimiento por hectárea.

En la tabla 83 se puede observar el ANVA del rendimiento por hectárea del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia altamente significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,01 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 11,67 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 83

Análisis de varianza de la evaluación de rendimiento (kg/ha) del rabanito

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	4.093.863,3	2.046.931,7	11,781	4,46	8,65	*,*
Bloques	4	1.195.473,3	298.868,33	1,720	3,84	7,01	Ns
Error	8	1.389.936,7	173.742,08				
Total	14	6.679.273,3					

Nota: C.V.= 11,67 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 84 donde se puede resaltar que el tratamiento 3 (T3) obtuvo el mejor rendimiento del rabanito con un promedio de 4 185 kg/ha, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio cercano de 3 618 kg/ha, y este a su vez no se diferenció

significativamente del tratamiento 2 (T2) que tuvo un promedio próximo de 2 908 kg/ha; sin embargo, el T2 sí se diferenció del T3. En la figura 41 se puede notar la cercanía entre T3 con T1 y la diferencia entre T3 y T2, evidenciando en este caso que el tratamiento testigo (sin adición de EM) y el tratamiento con adición de EM pudieron lograr un mejor resultado en el rendimiento del rabanito por hectárea.

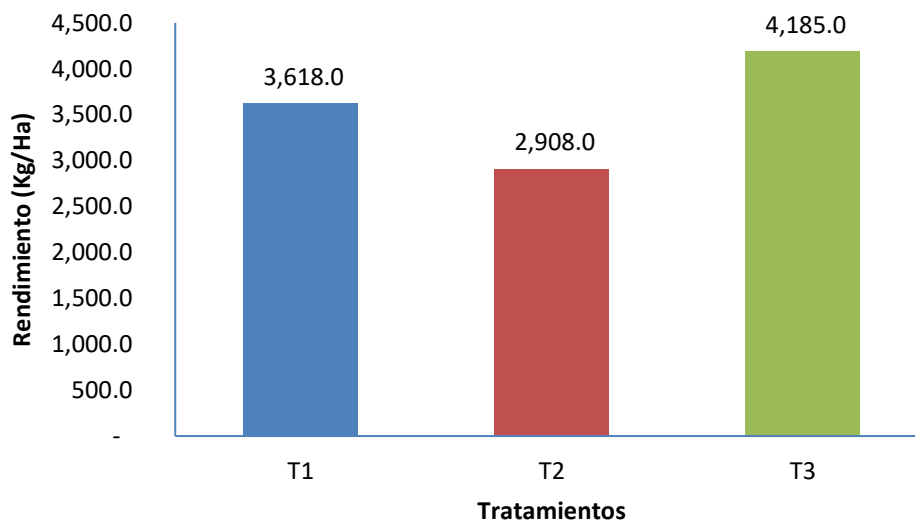
Tabla 84

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de rendimiento (kg/ha) de rabanito

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (kg/ha).	Significación $\alpha=0.05$
1°	T3	4 185,00	a
2°	T1	3 618,00	ab
3°	T2	2 908,00	b

Figura 42

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de rendimiento (kg/ha) del rabanito



4.1.5.7 Evaluación de materia seca.

En la tabla 85 se puede observar el ANVA de la evaluación de materia seca del rabanito el cual indica que entre los tratamientos hubo una diferencia significativa al obtener un F calculado superior al F tabulado (0,05 %), por lo que al diferir al menos uno de los tratamientos aplicados de los demás evaluados se decide aceptar la hipótesis alterna y rechazar la hipótesis nula. Además, se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 4,30 % que indica que la distribución de los resultados fue apropiada.

Tabla 85

Análisis de varianza de la evaluación de materia seca del rabanito

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Signif.
					0,05	0,01	
Tratamientos	2	1,63	0,82	7,153	4,46	8,65	*
Bloques	4	0,65	0,16	1,425	3,84	7,01	ns
Error	8	0,91	0,11				
Total	14	3,20					

Nota: C.V.= 4,30 %

Por consiguiente, se aplicó el test Duncan, a un nivel de confianza del 95 %, logrando obtener los resultados que se muestran en la tabla 86 donde se puede resaltar que el tratamiento 2 (T2) obtuvo el mejor porcentaje de materia seca con un promedio de 8,22 %, pero no se diferenció significativamente del tratamiento 3 (T3) que tuvo un promedio cercano de 7,92 %, y este a su vez no se diferenció significativamente del tratamiento 1 (T1) que tuvo un promedio próximo de 7,42

%; sin embargo, el T1 sí se diferenció del T2. En la figura 42 se puede notar la cercanía entre T2 con T3 y la diferencia entre T2 y T1, evidenciando en este caso que el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE y el tratamiento testigo (sin adición de EM) pudieron lograr un mejor resultado en la evaluación de materia seca del rabanito.

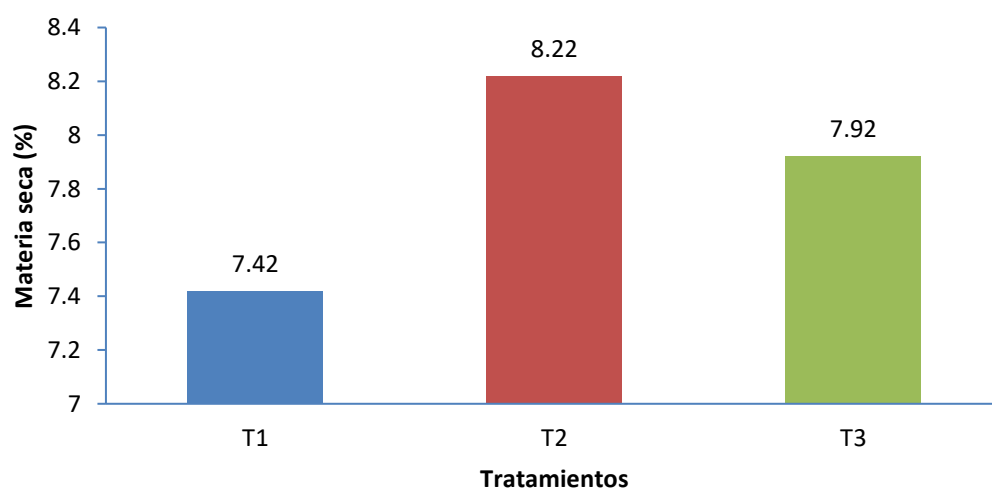
Tabla 86

Prueba de comparación múltiple de Duncan de la evaluación de materia seca del rabanito

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio (%)	Significación $\alpha=0.05$
1°	T2	8,22	a
2°	T3	7,92	ab
3°	T1	7,42	b

Figura 43

Comparación de medias de Duncan (0,05) por tratamiento de la evaluación de materia seca del rabanito



4.1.6 Análisis comparado de muestras de suelo por tratamiento.

A fin de determinar las causas de los efectos evaluados en las cinco hortalizas evaluadas en la investigación, esto consistió en evaluar muestras del suelo antes de la aplicación de los tratamientos y luego de la cosecha de las hortalizas. Por esta razón, se van a presentar los resultados de las diferentes variables, agrupados según la edafología agrícola en: propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades biológicas de los suelos. Las muestras de suelos fueron enviados al Laboratorio I+D E.I.R.L. – Análisis Agrícola, Veterinario, Investigación y Desarrollo – Pedregal, Arequipa.

4.1.6.1 Análisis de las propiedades físicas.

En el caso de las propiedades físicas, las variables evaluadas mediante análisis de laboratorio son cuatro: clase textural, densidad aparente, porosidad y estructura, tal como se puede apreciar en la tabla 87.

Tabla 87

Propiedades físicas de los suelos

N°	RUBRO	UNIDAD	LINEA DE BASE	T1 (EM)	T2 (MENDE)	T3 (TESTIGO)
1.0	Propiedades Físicas					
	Clase		Franco	Franco	Franco	Franco
1.1	textural		Arenoso	Arenoso	Arenoso	Arenoso

Densidad						
1.2	aparente	g/cm ⁻³	1,62	1,71	1,66	1,63
1.3	Porosidad	%	39,16	35,82	36,14	37,61
1.4	Estructura		Aglomerado	Aglomerado	Aglomerado	Aglomerado

Por consiguiente, los resultados muestran que la clase textural no ha sido afectada por los tratamientos, es decir que se ha mantenido estable; la línea de base indica que el suelo tiene las características texturales de un suelo franco arenoso, siendo de igual manera en los suelos de los tres tratamientos en evaluación. De igual forma ocurrió con la estructura, que en la línea de base el análisis determinó como aglomerado, la cual no varió en ninguno de los tratamientos realizados por el experimento. En cuanto a la densidad aparente sí se encontraron diferencias en los valores obtenidos por los análisis de suelos. Por lo tanto, considerando que a valores menores de densidad aparente indican que se tiene un mayor espacio poroso, por ello se hace referencia a un suelo que se encuentra en menor compactación, se puede concluir que la densidad aparente es una propiedad inversamente proporcional al espacio poroso.

De esta manera, relacionando la densidad aparente con la textura se puede llegar a clasificar el suelo como se puede observar en la tabla 88. Y de los datos obtenidos en la figura 43, podemos decir que, antes de aplicar los tratamientos, el suelo presentaba una densidad aparente de 1,62 g/cm⁻³ clasificándolo con una textura de franco arenoso, lo que indicaría que el suelo presenta bajos niveles de arcilla, regular nivel de limo y altos niveles de arena. Luego de la aplicación de los tratamientos, se puede observar que el tratamiento con los microorganismos EM

(T1) es el que incrementa considerablemente la densidad aparente hasta 1,71 g/cm³, el tratamiento con microorganismos eficientes nativos MENDE lo incrementa ligeramente a 1,66 g/cm³ y el testigo prácticamente mantiene la misma densidad aparente del inicio de la investigación.

Tabla 88

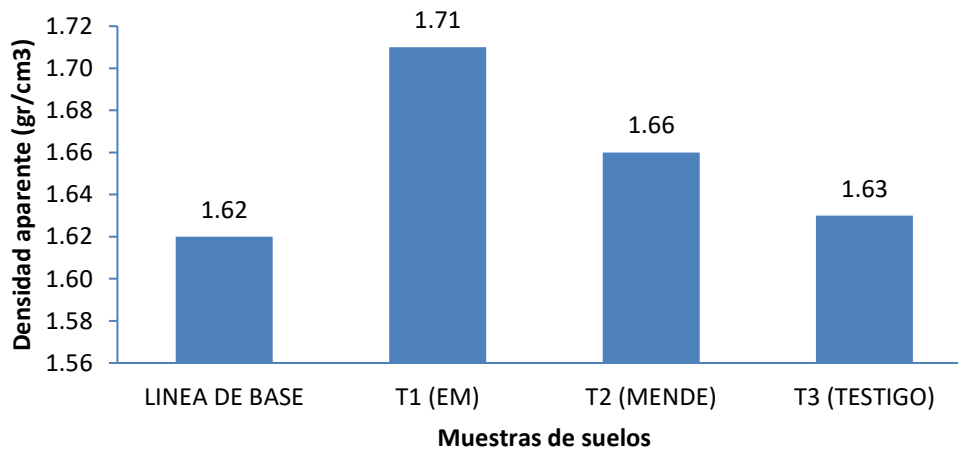
Relación de textura con la densidad aparente

Textura	Densidad Aparente
Fina (arcillosos)	1,00 - 1,30 g/cm ³
Media (francos)	1,30 - 1,50 g/cm ³
Guesa (Arenosos)	1,50 - 1,70 g/cm ³

Nota: Schargel y Delgado (1990)

Figura 44

Resultado de densidad aparente de muestras de suelo por tratamiento

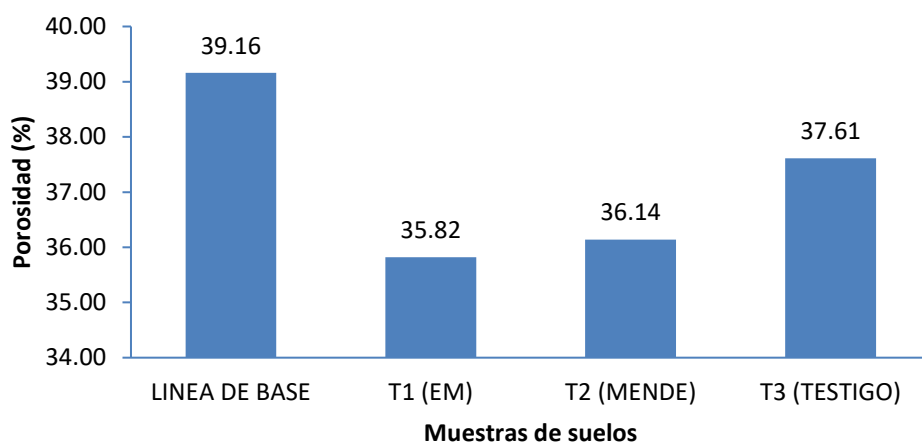


La porosidad es también una variable importante para determinar la calidad de un suelo, teniendo en consideración que está relacionado a las características del suelo de poder almacenar agua y aire, lo que brinda la facilidad del crecimiento de las raíces de las plantas.

Los resultados obtenidos por los análisis de suelos que se muestran en la figura 44 indican claramente que el campo antes de empezar el trabajo de investigación mostraba un 39,16 % de porosidad, esto debido a que se trataba de un suelo franco arenoso en descanso de varios años, y se ve claramente que luego del experimento los niveles de porosidad descendieron hasta en el campo testigo, esto debido principalmente al proceso de compactación que ocurre por las labores agrícolas aplicadas a los cultivos como la preparación del suelo, la formación de surcos, los labores, los riegos y el propio traslado de los tesisistas a lo largo del campo experimental para la realización de labores agrícolas y las respectivas evaluaciones de campo.

Figura 45

Resultado de porosidad de muestras de suelo por tratamiento suelos



4.1.6.2 Análisis de las propiedades químicas.

En la tabla 89 se puede observar los datos obtenidos de las variables analizadas antes y después del experimento, siendo en este caso las que permitirán conocer las propiedades químicas de los suelos donde se aplicaron los tres tratamientos en estudio.

Tabla 89

Propiedades químicas de los suelos

N°	RUBRO	UNIDAD	LINEA DE BASE	T1 (EM)	T2 (MENDE)	T3 (TEST.)
2.0	Propiedades Químicas					
2.1	pH		6,41	6,62	6,48	6,64
2.2	Conductividad					
	eléctrica	mS/cm	1,69	1,17	0,95	1,42
2.3	CO ₃ Ca	%	0,10	0,10	0,10	0,10
2.4	Materia orgánica	%	3,17	2,61	2,36	2,08

2.5	Nitrógeno	%	0,16	0,13	0,12	0,11
2.6	Fósforo	ppm	11,30	8,41	10,59	9,94
2.7	Potasio	ppm	157,00	139,00	145,00	153,00
2.8	Relación C/N		11,20	11,30	11,10	11,20
2.9	CIC	meq/100g	22,38	19,00	12,31	21,82
2.10	CIC Ca ⁺⁺	meq/100g	19,40	15,92	9,67	18,34
2.11	CIC Mg ⁺⁺	meq/100g	2,06	2,31	1,92	2,58
2.12	CIC K ⁺	meq/100g	0,33	0,30	0,31	0,33
2.13	CIC Na ⁺	meq/100g	0,59	0,47	0,41	0,57
2.14	RBC Ca/Mg		9,42	6,89	5,04	7,11
2.15	RBC Mg/K		6,17	7,80	6,21	7,91
2.16	RBC Ca+Mg/K		64,25	61,59	37,51	64,17
2.17	RBC Ca/K		58,08	53,78	31,29	56,26
2.18	PSI	%	2,64	2,47	3,33	2,61
2.19	RAS	%	0,18	0,16	0,17	0,18

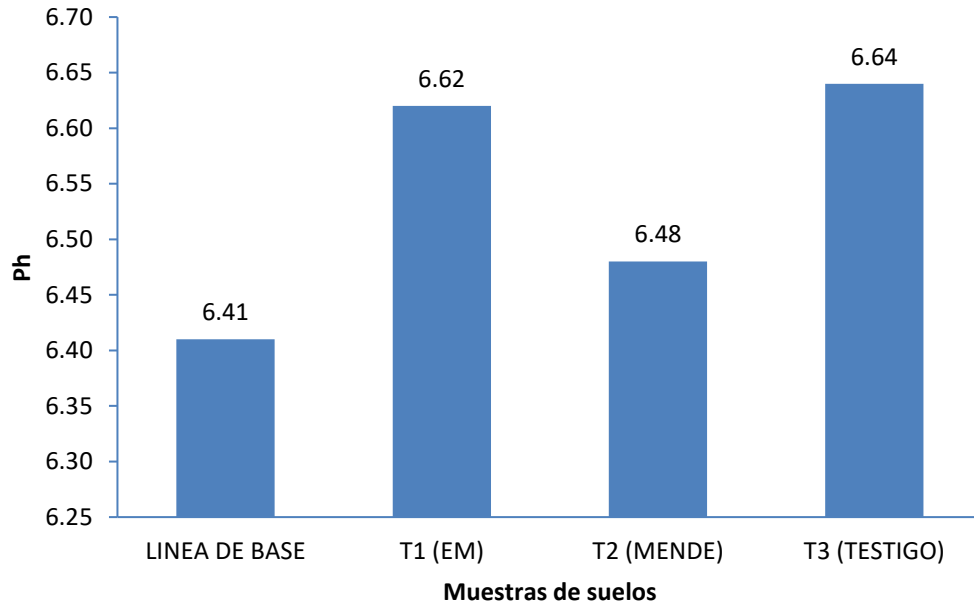
Como se puede observar en la figura 45, se realizó la experimentación en un suelo ligeramente ácido con un pH de 6,41; de modo que, los efectos de los tratamientos han sido mínimos como el tratamiento T1 (EM) que el pH subió ligeramente a 6,62, mientras que el tratamiento T2 (MENDE) prácticamente lo mantuvo en un valor ligeramente ácido con 6,48 y el tratamiento T3 (testigo) también hubo un incremento ligero llegando a un valor de 6,64.

Aunque las variaciones de PH obtenidos en el experimento difieren ligeramente de la línea base, podemos deducir estas ligeras variaciones se debe a

presencia vegetales cultivadas para la experimento, y de las aplicaciones de enmiendas orgánicas a realizar antes de la instalación de los cultivos.

Figura 46

Resultado de pH de muestras de suelo por tratamiento

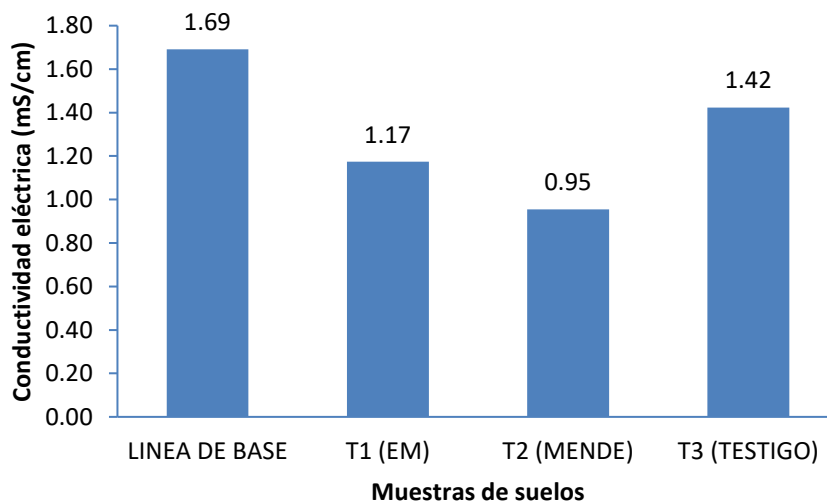


Como se puede observar en la figura 46, con respecto a la variable de conductividad eléctrica (CE), el suelo inició con un nivel de salinidad moderada de 1,69 mS/cm, dándose que los dos tratamientos en estudio lograron reducir el nivel de CE, el tratamiento T1 (EM) lo redujo ligeramente a 1,17 mS/cm, un nivel todavía moderado, el tratamiento T2 (MENDE) fue el que tuvo una mayor reducción de hasta 0,95 mS/cm, siendo ya considerado como un suelo débilmente salino, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) que tuvo una reducción mínima hasta 1,42 mS/cm, un valor aun moderadamente salino.

El único tratamiento que ha logrado reducir los niveles de salinidad considerablemente ha sido T2 y MENDE que siendo línea base 1.69 mS/cm bajo a 0.95 mS/cm en cambio el T1 y testigo obtiene valores dentro de los niveles de salinidad moderadamente según la escala indicada el informe de análisis (se adjunta en los anexos).

Figura 47

Resultado de conductividad eléctrica de muestras de suelo por tratamiento



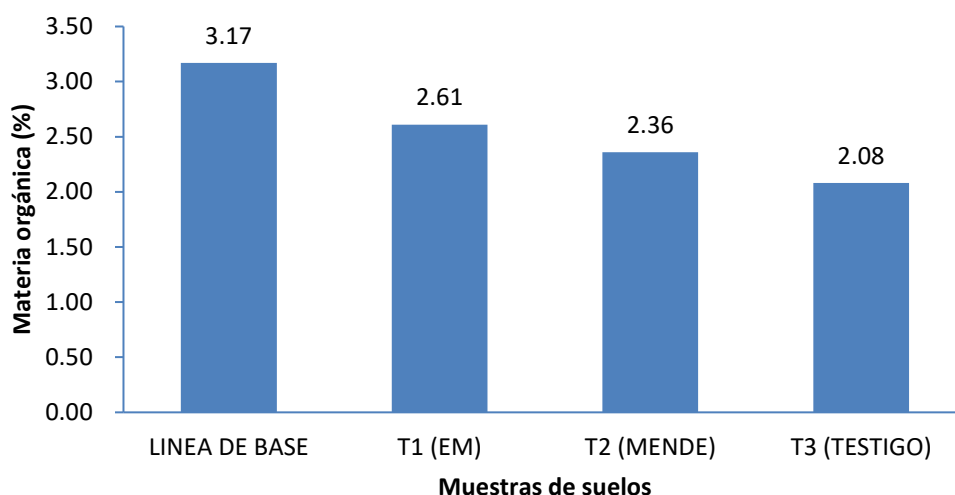
Como se puede observar en la figura 47, con respecto al porcentaje de materia orgánica que posee el suelo, inicialmente este valor estaba en 3,17 %, considerado dentro de un margen de valor normal y adecuado, esto debido a los años de descanso en que estuvo el campo antes del experimento. Los tres tratamientos en estudio redujeron considerablemente el nivel de materia orgánica del suelo, a pesar de que se hizo una aplicación de fondo de compost; es así que, con el tratamiento T1 (EM) tuvo una reducción hasta 2,61 %, siendo un nivel bajo de materia orgánica, con el tratamiento T2 (MENDE) tuvo una reducción hasta 2,36 %, obviamente en un nivel

bajo y en el tratamiento T3 (testigo) este valor tuvo una reducción mayor de hasta 2,08 %.

En esta evaluación la materia orgánica que obtiene la línea base a la acumulación que ha ocurrido por los años de descanso del suelo en ese periodo ha sido acumulado materia orgánica hasta llegar este valor de 3,17 % que está dentro de escala normal, sin embargo habiendo sometido a este suelo en descanso a una actividad agrícola que incluye labores de labranza plantaciones de cultivos riesgos y todo el proceso que implica la producción de las hortalizas, este cambio de la naturaleza del suelo debido también a la acción de las plantas que solicitan requieren nutrientes y de los microorganismos que empiezan a degradar la materia orgánica para mineralizar los nutrientes esta materia orgánica se ha visto reducida van de forma bastante considerable los 3 tratamientos ubican sus valores dentro del rango bajo materia orgánica Baja o lo que obviamente obliga que para posteriores plantaciones se tenga que hacer incorporaciones de materia orgánica.

Figura 48

Resultado de materia orgánica de muestras de suelo por tratamiento



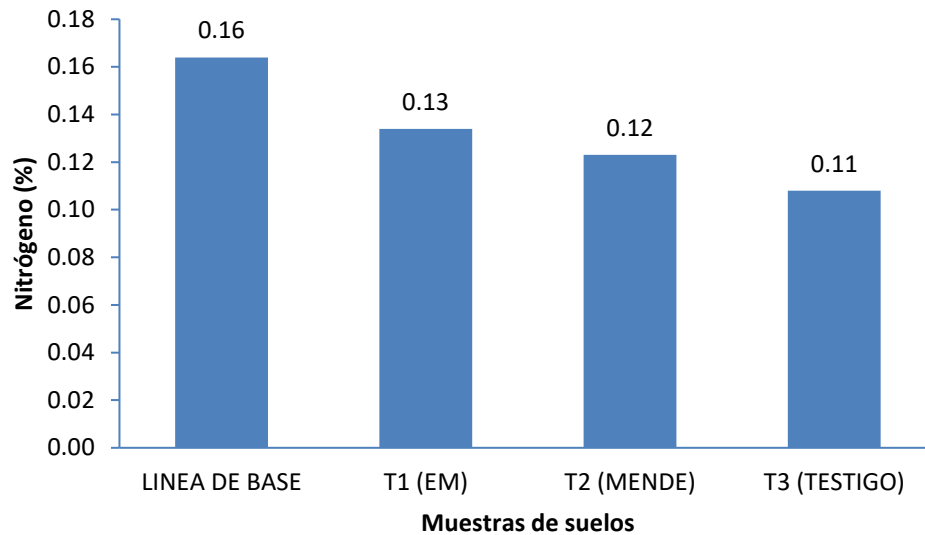
Como se puede observar en la figura 48, con respecto al porcentaje de nitrógeno, el suelo antes del trabajo experimental presentaba un valor dentro de normal y adecuado siendo del 0,16 %. De esta manera, se puede ver que en todos los tratamientos evaluados se redujeron los niveles de nitrógeno, en el tratamiento T1 (EM) este valor llegó a 0,13 %, que se ubica aún dentro de un nivel normal, luego en el tratamiento T2 (MENDE) el valor de nitrógeno llegó al 0,12 %, también en el rango de normal, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) tuvo una mayor reducción hasta el 0,11 %, un valor ya considerado dentro de los niveles bajos de nitrógeno.

Con el respecto al nitrógeno según la teoría edafológica existe una correlación directa entre el nitrógeno y la materia orgánica teoría que se ve reflejado en los resultados obtenidos el nivel de variación es muy similar al de la materia orgánica la línea base presenta 0.16 % catalogado según la escala de informe de laboratorio dentro de un nivel normal en los tratamientos con los microorganismos estos valores se han mantenido dentro de esa escala normal con 0,11% y 0,12 % y justamente el testigo es el que muestra el porcentaje más bajo por lo que concluimos

ubicando en el nivel bajo por lo que concluimos al reducirse la materia orgánica del suelo también se reduce la oferta de nitrógeno para los cultivos.

Figura 49

Resultado de nitrógeno de muestras de suelo por tratamiento

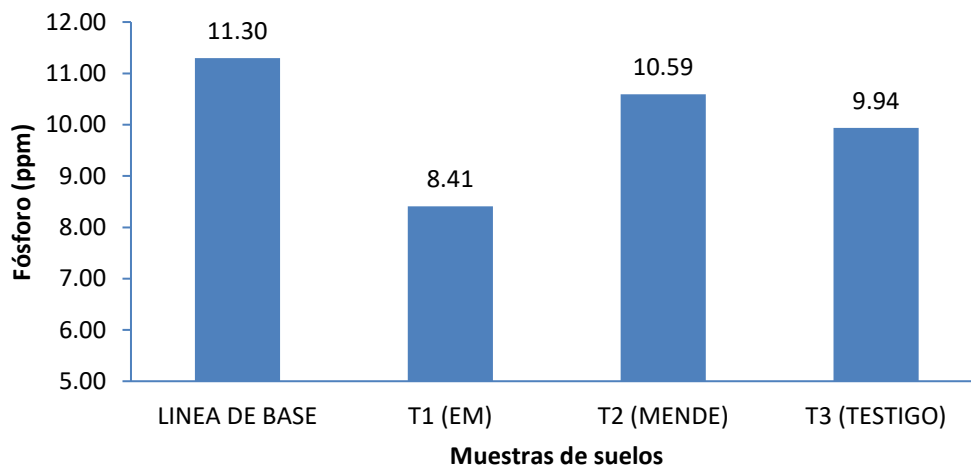


Como se puede observar en la figura 49, con respecto al contenido de fósforo, en el caso del suelo antes de la aplicación de los tratamientos presentaba un valor de 11,30 ppm, lo que es considerado como un valor dentro del rango normal. De esta manera, se puede observar que los tres tratamientos redujeron la presencia del fósforo en el suelo lo que estaría relacionado al consumo realizado por parte de los cultivos; el tratamiento T1 (EM) fue el que consumió más fósforo reduciéndolo hasta 8,41 ppm, manteniéndose dentro de los márgenes de contenido normal de un suelo, el tratamiento T2 (MENDE) tuvo el menor consumo reduciéndolo hasta 10,59 ppm, y el tratamiento T3 (testigo) lo redujo hasta 9,94 ppm, ambos valores dentro del promedio de contenido normal de fósforo.

En esta evaluación de fósforo la línea base dio como resultado 11,30 ppm catalogado del rango normal en los 3 tratamiento habido una reducción de ese valor lo cual asumimos obviamente a los efectos de la demanda que hacen los cultivos de fósforo y también al trabajo que hacen los microorganismos que hacen mineralizar el fósforo y hacerlo disponible para las plantas asimismo estos microorganismo consume fósforo para actividades metabólicas, podemos concluir a pesar que habido un consumo de fósforo los tres valores que han obtenido en los tres tratamientos se mantiene dentro de la escala de disponibilidad normal de fósforo, en el suelo ninguno de los tratamientos ha reducido drásticamente los niveles de fósforo de suelo.

Figura 50

Resultado de fósforo de muestras de suelo por tratamiento



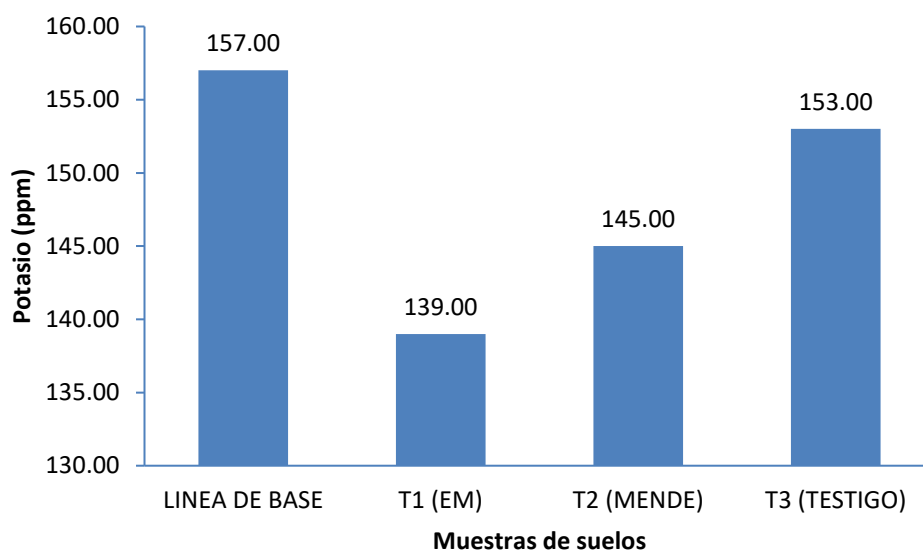
Como se puede observar en la figura 50, con respecto al contenido de potasio, en el caso del suelo antes de la aplicación del experimento presentaba un valor de 157 ppm de potasio, considerado en el rango de concentración normal y/o adecuada. De esta manera, se puede observar que el tratamiento T1 (EM) fue el que redujo más el potasio llegando hasta un valor de 139 ppm, a pesar de ello este valor está ubicado

dentro de niveles normales, con el tratamiento T2 (MENDE) se obtuvo una leve reducción hasta 145 ppm, también dentro de niveles normales, y finalmente, en el tratamiento T3 (testigo) la reducción fue muy mínima llegando hasta un valor de 153 ppm, ubicado también dentro del rango de cantidad normal de potasio en el suelo.

En la evaluación de potasio el valor de línea de base fue 157 ppm por ser un terreno de descanso y que debido a la actividad biológica de los cultivos instalados y a la actividad de los microorganismos introducidos para el experimento y de los microorganismos propios del suelo habido una reducción de valores de potasio a pesar de que el tratamiento el T1 (EM) obtuvo el valor más bajo con 139 ppm, ninguno de los valores tuvieron un descenso considerable todos están dentro de la escala de disponibilidad normal de potasio según la escala presentado en el informe de laboratorio de análisis de suelo

Figura 51

Resultado de potasio de muestras de suelo por tratamiento

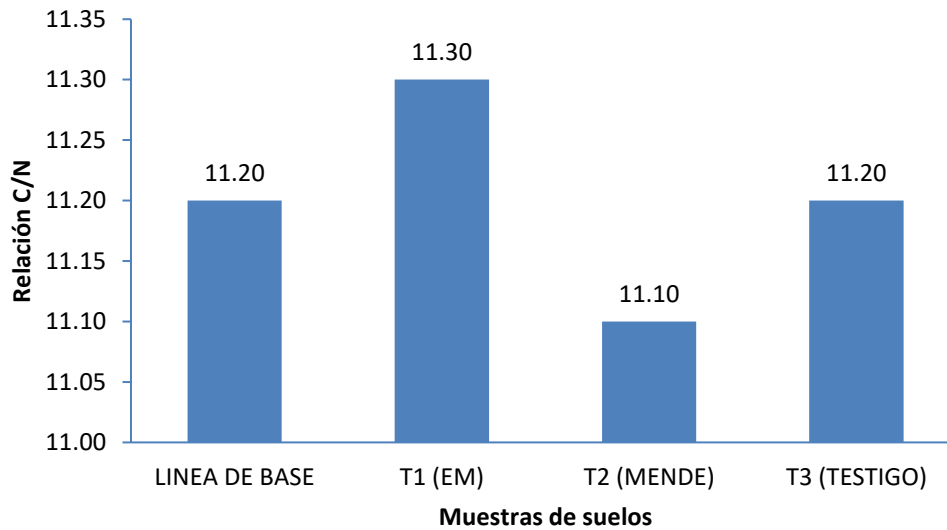


Andrades y Martínez (2014) indican que los valores que se encuentren entre 10 a 14 de la relación de Carbono/Nitrógeno significan que el suelo se encuentra en una etapa de ruptura y transformación rápida de tejidos, esto debido a la mayor estimulación y eficiencia de microorganismos teniendo en el medio los nutrientes necesarios para la actividad microbiana (descomposición de la MO) y el normal desarrollo las plantas.

En base a lo indicado, como se puede observar en la figura 51, se puede indicar que el suelo antes del experimento presentaba una relación C/N bastante buena con un valor de 11,20, lo que nos indica que la microbiota se encontraba en equilibrio permitiendo la transformación de la MO, de tal manera, se puede observar que en los tres tratamientos este valor no sufrió mayor modificación, es así que en el tratamiento T1 (EM) la relación C/N se encontró en 11,30, en el tratamiento T2 (MENDE) la relación C/N se encontró en 11,10 y en el tratamiento T3 (testigo) la relación C/N se encontró en 11,20, similar al inicio del experimento.

Figura 52

Resultado de relación carbono/nitrógeno (C/N) de muestras de suelo por tratamiento



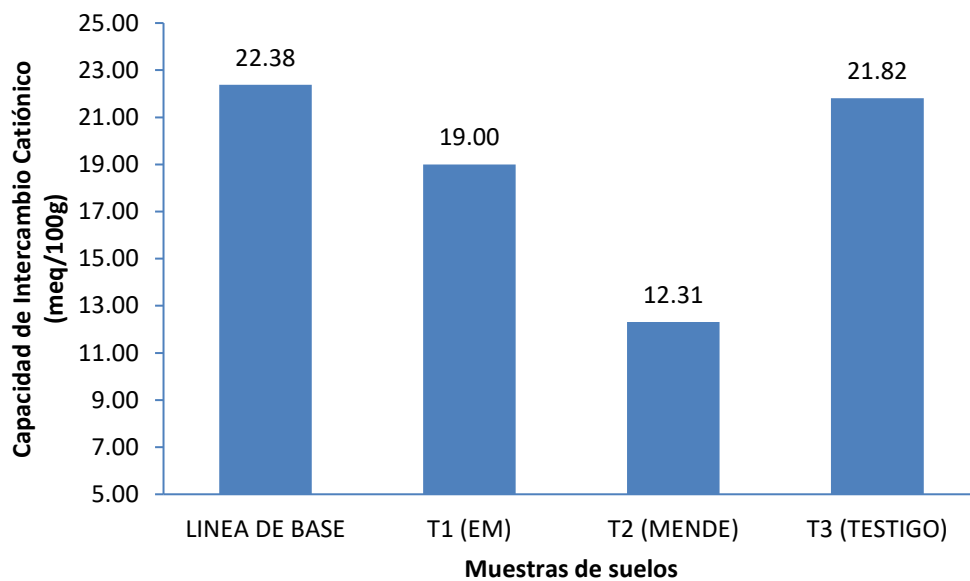
Como se puede observar en la figura 52, los datos de la CIC obtenidos del análisis de suelo realizado antes del experimento fue de 22,38 meq/100g, ubicado dentro del rango medio. De esta manera, con el tratamiento T1 (EM) este valor se redujo hasta los 19,00 meq/100g, también ubicado en el rango medio, mientras que con el tratamiento T2 (MENDE) el valor se redujo de mayor manera hasta 12,31 meq/100g, a pesar de ello este valor se ubica también en el rango medio y, por último, el tratamiento T3 (testigo) obtuvo un valor CIC de 21,82 meq/100g igualmente ubicado en el rango medio.

El valor de CIC obtenido de línea base 22.38 meq/100g está comprendido en el nivel de disponibilidad media es así que al realizar el experimento los valores de CIC con respecto al línea base tuvieron una ligera modificación los dos tratamientos con microorganismos redujeron el valor de CIC y el testigo a obtenido

un ligero incremento, pero hay destacar que los tres valores están dentro del rango medio ninguno ha descendido por lo tanto los cuatro valores se consideran valores medio de CIC.

Figura 53

Resultado de capacidad de intercambio catiónico (CIC) de muestras de suelo por tratamiento

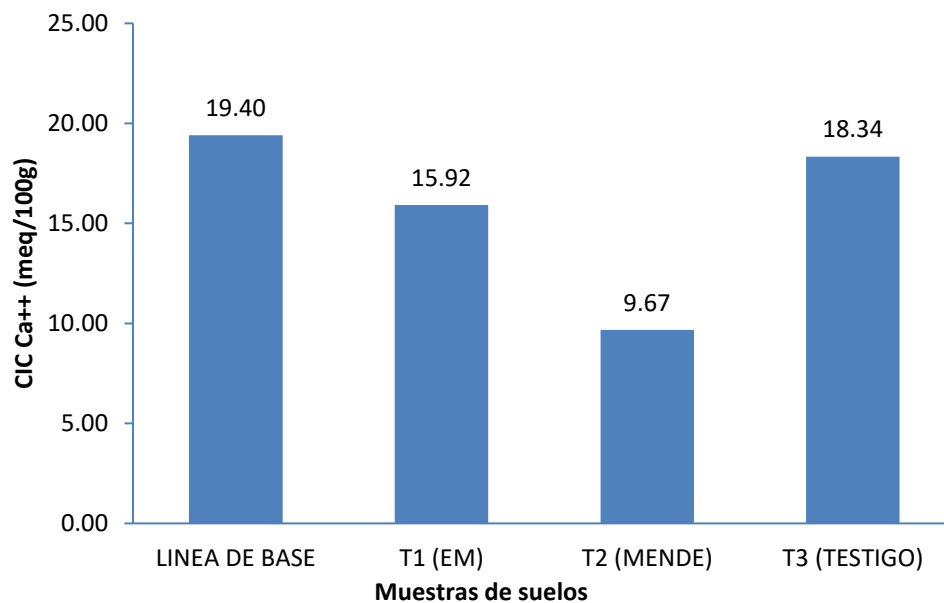


Como se puede observar en la figura 53, los valores de CIC del calcio (Ca^{++}) obtenidos del análisis de suelo realizado antes del experimento fue de 19,40 meq/100g de Ca^{++} , lo que está ubicado en el rango de niveles altos. De esta manera, se puede observar que en el tratamiento T1 (EM) hubo una reducción hasta 15,92 meq/100g de Ca^{++} , cuyo valor aún se ubica en el nivel alto, en el tratamiento T2 (MENDE) ocurrió una mayor reducción hasta un valor de 9,67 meq/100g de Ca^{++} , bajando a el nivel a un rango medio, y finalmente, en el tratamiento T3 (testigo) el CIC se redujo hasta 18,34 meq/100g de Ca^{++} , manteniéndose en el nivel alto.

En el CIC de calcio el valor de la línea de base fue 19,40 meq/100g de Ca⁺⁺, se ubica en el rango alto de los tres tratamientos solamente el T2 (MENDE) hubo un descenso a nivel más bajo ubicándose el rango medio al contrario el T1(EM) y el testigo mantienen los valores dentro del rango alto (ver anexo de informe de laboratorio).

Figura 54

Resultado de CIC Ca⁺⁺ de muestras de suelo por tratamiento

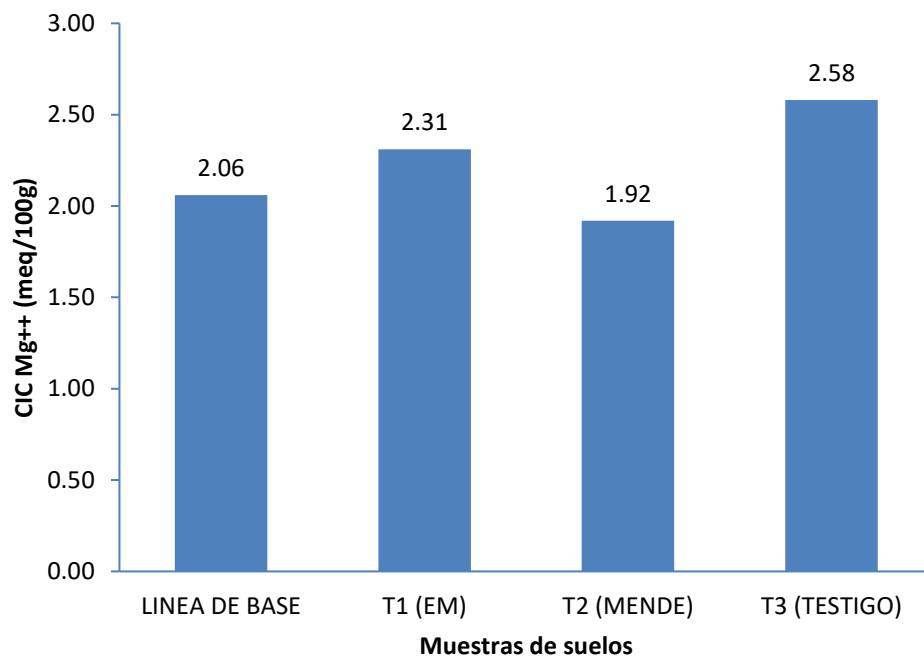


Como se puede observar en la figura 54, la CIC del magnesio (Mg⁺⁺) antes del inicio del experimento estuvo en 2,06 meq/100g de Mg⁺⁺, ubicado en el rango medio, el primer tratamiento T1 (EM) subió a 2,31 meq/100g de Mg⁺⁺, también en el rango medio, el segundo tratamiento T2 (MENDE) bajó a 1,92 meq/100g de Mg⁺⁺, y finalmente, el tercer tratamiento T3 (testigo) incrementó el valor hasta llegar a 2,58 meq/100g de Mg⁺⁺, ambos manteniéndose en rango medio.

El CIC de magnesio la línea de base obtuvo un valor de 2,06 meq/100g de Mg⁺⁺, y las variaciones de los tratamientos los 3 se ubican en los rangos medio de forma similar al valor de línea base por lo que concluimos que si bien hubo un ligero incremento todos los valores están en valores medios (ver escala del informe de laboratorio).

Figura 55

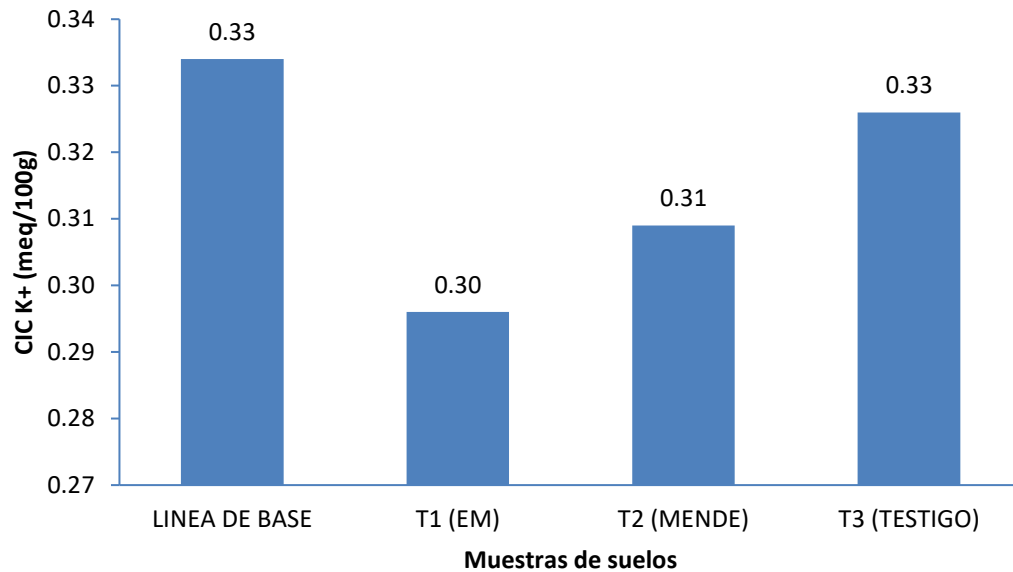
Resultado de CIC Mg⁺⁺ de muestras de suelo por tratamiento



Como se puede observar en la figura 55, la CIC del potasio (K⁺) antes del experimento dio un valor de 0,33 meq/100g de K⁺, ubicándose en el rango medio, en el tratamiento T1 (EM) el valor bajó ligeramente a 0,30 meq/100g de K⁺, ubicándose por lo tanto en el nivel medio, de igual forma el tratamiento T2 (MENDE) bajó mínimamente a 0,31 meq/100g de K⁺, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) se mantuvo el valor en 0,33 meq/100g de K⁺.

Figura 56

Resultado de CIC K⁺ de muestras de suelo por tratamiento

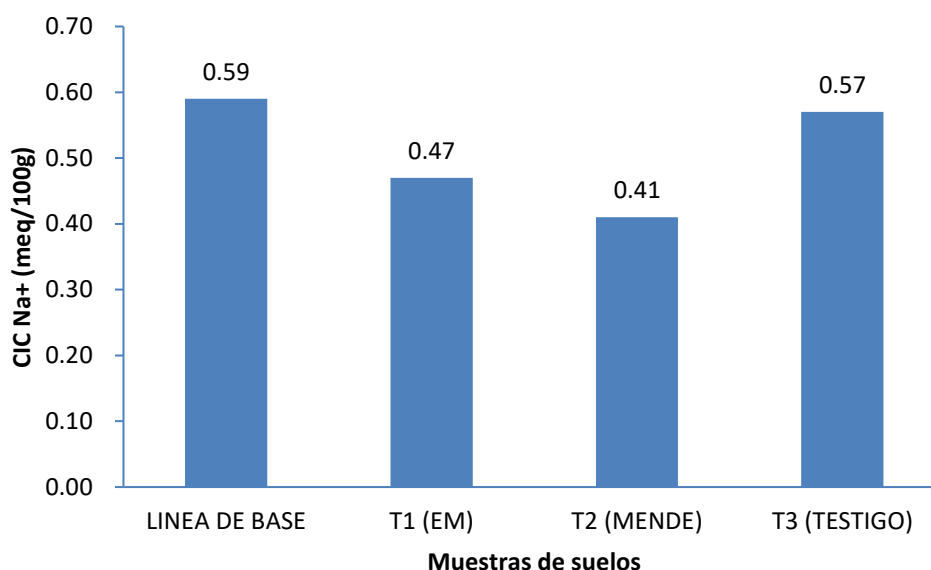


Como se puede observar en la figura 56, Finalmente la CIC del sodio (Na⁺) antes del experimento mostró un valor de 0,59 meq/100g de Na⁺, ubicado en el rango medio de este catión, en el primer tratamiento T1 (EM) el valor bajó a 0,47 meq/100g de Na⁺, valor que seguía en el rango medio, en el segundo tratamiento T2 (MENDE) descendió a 0,41 meq/100g de Na⁺, valor todavía en rango medio, y finalmente, en el tratamiento T3 (testigo) se obtuvo una mínima reducción a 0,57 meq/100g de Na⁺, cuyo valor se encuentra dentro de los valores medios de este catión cambiante.

Los 4 valores obtenidos de línea base y tratamientos del rango medio (ver anexo informe de laboratorio)

Figura 57

Resultado de CIC Na⁺ de muestras de suelo por tratamiento



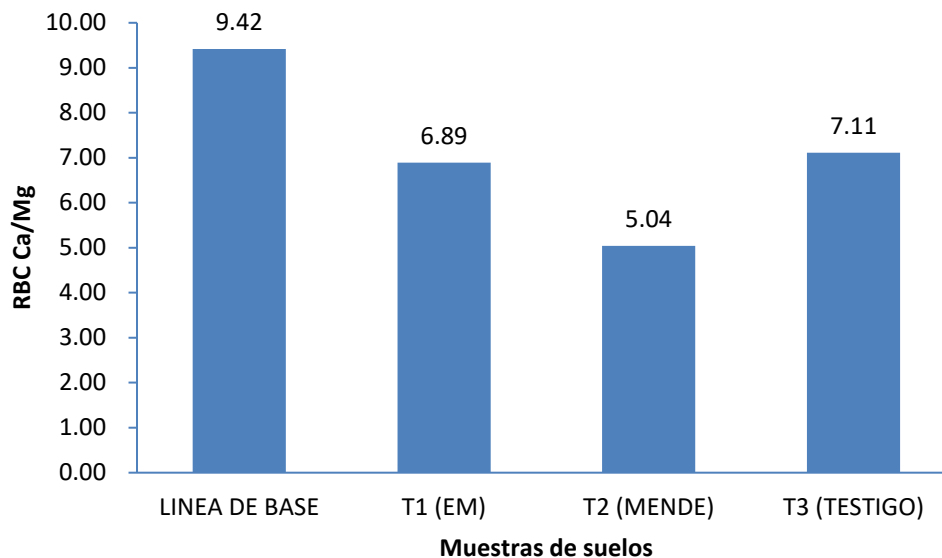
Como se puede observar en la figura 57, la relación de bases de cambio entre el calcio y magnesio (Ca/Mg) al inicio del experimento, antes de aplicar los tratamientos, el suelo presentaba un valor de 9,42, valor superior a 5 que indicaba un bloqueo y deficiencia del magnesio al contrario del calcio, el tratamiento T1 (EM) dio un valor de 6,89, también superior a 5 demostrando deficiencias de magnesio, el tratamiento T2 (MENDE) presentó un valor de 5,04, que al ser igual a 5 indicaba un equilibrio de disponibilidad de ambos cationes, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) con un valor de 7,11 que siendo un valor superior a 5 denotaba también la presencia de bloqueos y deficiencia de magnesio.

La relación de base de cambio entre calcio y magnesio dio como resultado como línea de base 9,42 considerado dentro del rango medio por efecto de los tratamientos y de los cultivos instalados durante el experimento estos valores han

tenido una reducción sin embargo a pesar de esa reducción los 3 valores están dentro del rango medio (ver anexo informe de laboratorio)

Figura 58

Resultado de relación de bases de cambio Ca/Mg de muestras de suelo por tratamiento



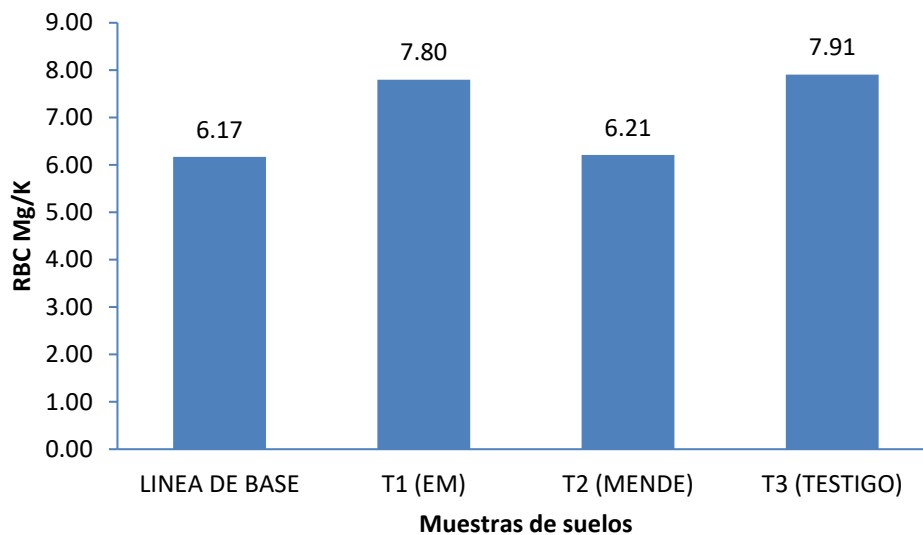
Como se puede observar en la figura 58, se presenta los datos de la relación de bases de campo entre el magnesio y el potasio, antes de la aplicación del experimento el suelo presentaba una relación de 6,17, que al encontrarse en un valor medio permite la disponibilidad de los dos cationes, de igual forma en el tratamiento T1 (EM) con un valor de 7,80, el tratamiento T2 (MENDE) obtuvo un 6,21, y finalmente, en el tratamiento T3 (testigo) con un valor de 7,91, los tres tratamientos con valores ubicados en el rango medio indicando la disponibilidad de ambos cationes.

En la relación de base de base de cambio de magnesio y potasio la línea de base obtuvo 6,17 en el rango medio en la escala los tratamientos y el testigo han obtenido

valores ligeramente más altos pero los resultados se ubican dentro del rango medio concluyendo edafológicamente no hay diferencia significativa entre estos valores.

Figura 59

Resultado de relación de bases de cambio Mg/K de muestras de suelo por tratamiento

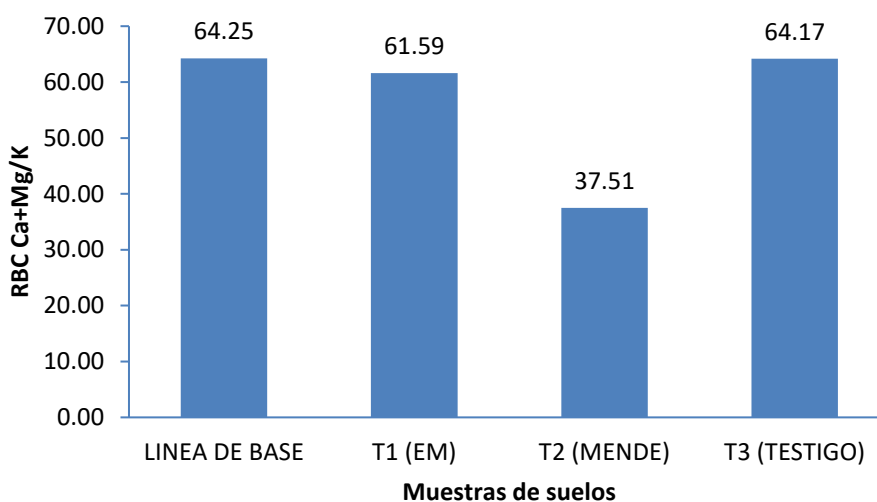


Como se puede observar en la figura 59 se presentan los resultados del análisis de la relación de cambio del calcio + magnesio versus el potasio, es así que el suelo antes del experimento presentaba un valor de 64,25, ubicado en el rango de muy alto indicando que existe una deficiencia de potasio. De esta manera, se puede observar que el tratamiento T1 (EM) con un valor de 61,59, también se encontraba en un rango muy alto indicando la deficiencia del potasio; en cambio, el tratamiento T2 (MENDE) obtuvo un valor de 37,51, valor menor a 40 indicaba que existía una disponibilidad de potasio, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) que obtuvo un valor de 64,17, valor dentro del rango de muy alto indicando que existe una deficiencia de potasio.

En la relación de bases de cambio del calcio más magnesio sobre el potasio la línea de base a obtenido un valor de 64,65 dentro de la escala muy alto al analizar los resultados del tratamiento y testigo encontramos el T1(EM) y testigo mantiene valores similares a la línea muy similares y solamente el T2 (MENDE) se reduce considerablemente a pesar de ello los 3 valores de los tratamientos y testigo se ubica en la escala de muy alto.

Figura 60

Resultado de relación de bases de cambio Ca+Mg/K de muestras de suelo por tratamiento



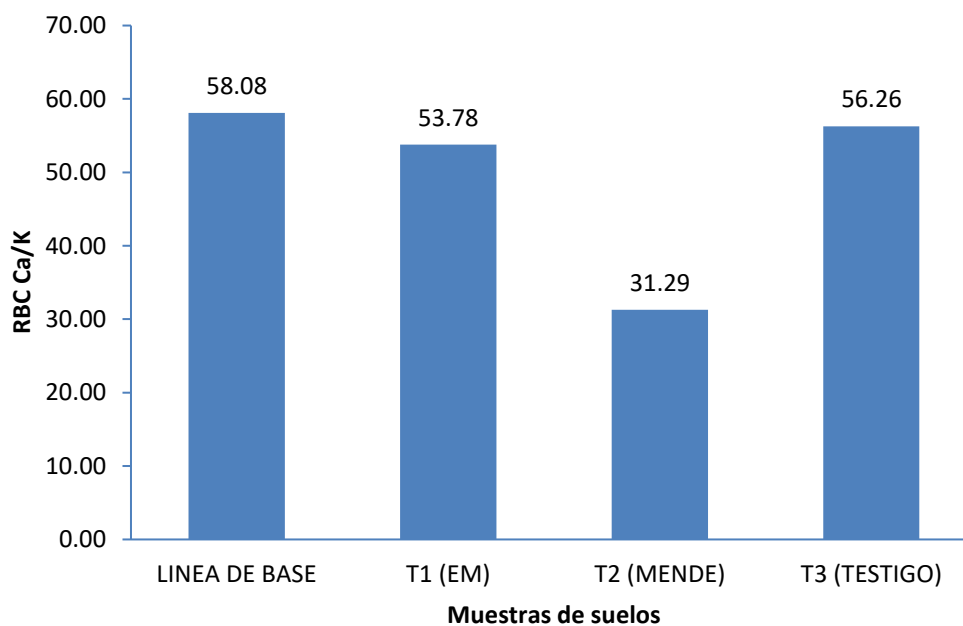
Como se puede observar en la figura 60, se analiza la relación de bases de cambio del calcio y potasio, donde el suelo antes del experimento presentaba un valor de 58,08, valor superior a 30 indicando que existía deficiencia del potasio, el tratamiento T1 (EM) que presenta un valor de 53,78, también indicaba una clara deficiencia del potasio; en cambio, en el tratamiento T2 (MENDE) el valor descende a 31,29, valor ligeramente superior a 30 lo que posiblemente indicaba la

no existencia de una deficiencia del potasio, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) que con un valor 56,26, indicaba la presencia de deficiencias de potasio.

La relación de base de cambio entre el calcio y potasio la línea de base obtuvo un valor de 58,08 al realizar el experimento los valores obtenidos por los tratamientos en el caso del T1(EM) y T3(testigo) la variación es mínima y solamente el T2 ha tenido una reducción considerable el valor de la línea de base T1 (EM) y testigo está en escala muy alta y el T2(MENDE) baja al rango medio.

Figura 61

Resultado de relación de bases de cambio Ca/K de muestras de suelo por tratamiento



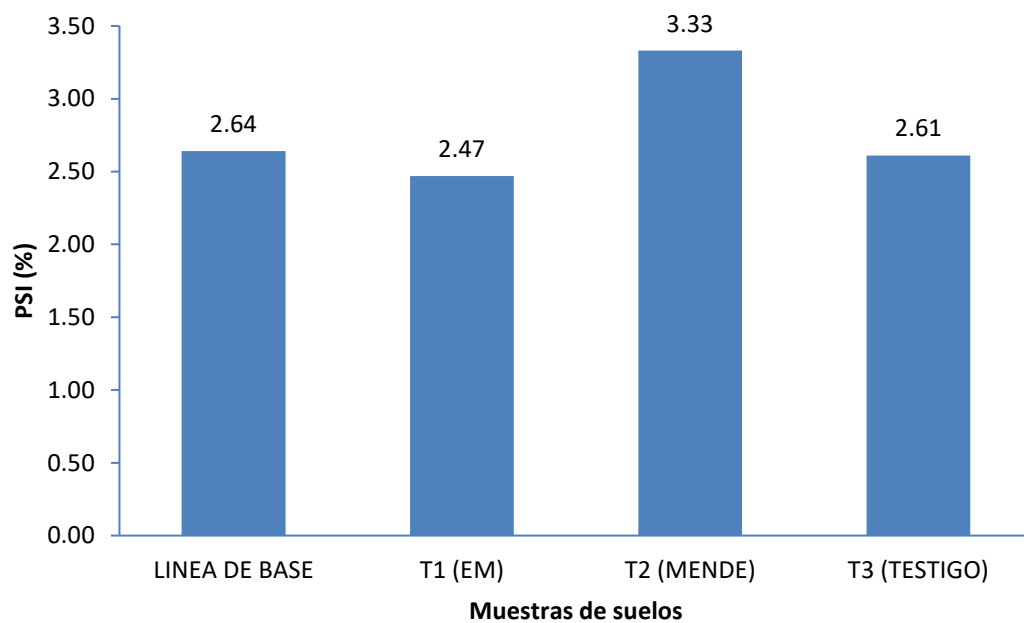
La relación de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) nos indica si hay presencia sodio en el suelo en niveles tóxicos. Como se puede observar en la figura 61, el suelo antes del experimento dio un valor de 2,64, considerado un nivel muy bajo por lo que el suelo no se encontraba considerado salino sódico, de igual manera el

tratamiento T1 (EM) con un valor de 2,47, el T2 (MENDE) con un valor de 3,33 y el tratamiento T3 (testigo) con un valor de 2,61, los tres valores de los tratamientos eran niveles bajo que tampoco indicaban la presencia de sodio tóxico.

El porcentaje de sodio intercambiable PSI los 4 valores obtenidos incluyendo línea de base tratamiento y testigo todos se ubican en suelo no sódico (ver anexo de informe de laboratorio).

Figura 62

Resultado de relación de PSI de muestras de suelo por tratamiento



4.1.6.3 Análisis de las propiedades biológicas.

En la tabla 90 se puede observar los datos obtenidos de las variables analizadas antes y después del experimento, siendo en este caso las que permitirán conocer las

propiedades biológicas de los suelos donde se aplicaron los tres tratamientos en estudio.

Tabla 90

Propiedades biológicas de los suelos

N°	RUBRO	UNIDAD	LINEA DE BASE	T1 (EM)	T2 (MENDE)	T3 (TESTIGO)
3.0	Propiedades Biológicas					
3.1	Bacterias totales	UFC/g	23.000.000	12.000.000	27.000.000	18.000.000
3.2	Bacterias aeróbicas totales	UFC/g	1.800.000	2.000.000	4.000.000	3.000.000
3.3	Actinomicetos	UFC/g	400	500	1.000	600
3.4	Lactobacilos	UFC/g	6.000	4.000	2.000	5.000
3.5	Bacterias Fosfatosolubilizadoras	UFC/g	500	200	3.000	800
3.6	Fijadores de nitrógeno de vida libre	UFC/g	1.000	3.000	1.000	2.000
3.7	Levaduras	UFC/g	1.600	800	1.400	1.200
3.8	Hongos totales	UFC/g	13.000	13.000	13.000	13.000
3.9	Fusarium spp.	UFC/g	3.000	600	3.000	100
3.10	Rhizopus sp.	UFC/g	3.000	2.000	3.000	4.000
3.11	Mucor sp.	UFC/g	1.000	4.000	2.000	50
3.12	Pythium sp.	UFC/g	2.000	2.000	1.000	3.000
3.13	Trichoderma sp.	UFC/g	1.000	3.000	200	30

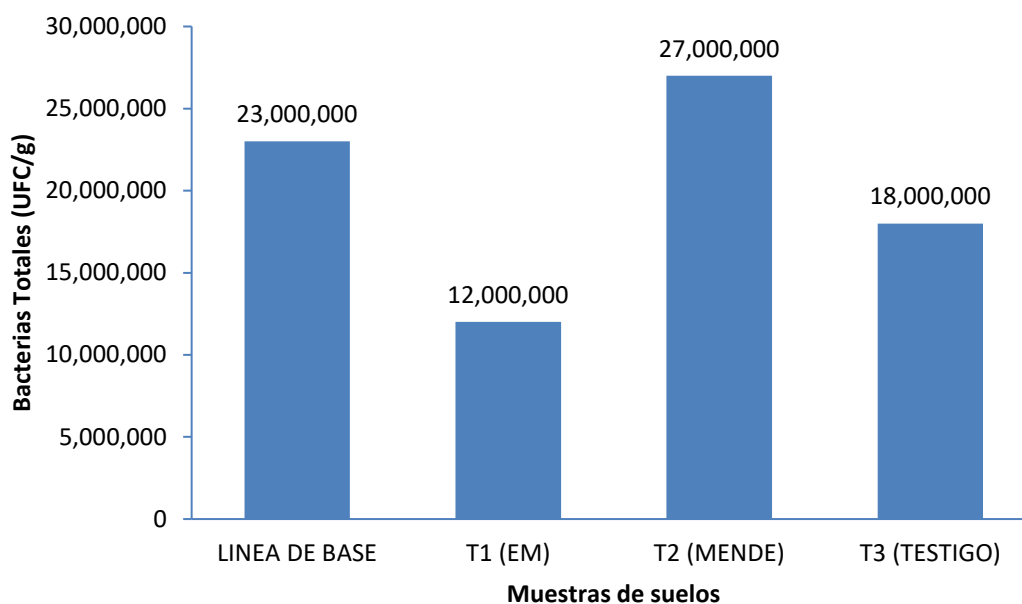
En la figura 62 se presentan los datos de la cantidad de bacterias totales presente en el suelo, antes del inicio de la investigación se contabilizaron 23×10^6 UFC/g, una población bastante considerable de bacterias totales pudiendo deberse principalmente al periodo de descanso en que se encontraba el terreno; el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 12×10^6 UFC/g, una población reducida casi a la mitad, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contaron 27×10^6 UFC/g, superior a la población inicial antes del

experimento, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron 18×10^6 UFC/g, también menos que la población inicial.

El conteo de bacteria totales en la línea de base con 23×10^6 UFC/g, ha tenido distintos comportamientos con tratamiento y testigo en T1 (EM) se contabilizaron 12×10^6 UFC/g se redujo en bacterias totales, T2 (MENDE) se contaron 27×10^6 UFC/g se incrementó y testigo hubo ligera reducción de bacteria totales aquí podemos indicar que la línea de base al ser un suelo de descanso logro incrementar considerablemente los microorganismos por los que no fue tocado por el hombre durante varios años en caso de testigo este decrecimiento ligero de bacteria totales al efecto de laboreo de terreno a la presencia de cultivos ya que el proceso de desarrollo exige un trabajo de bacteria totales para la degradación y mineralización de materia orgánica y debido también al efecto de antagonismo microbianos se presume que hubo efecto de bacteria totales.

Figura 63

Resultado de bacterias totales de muestras de suelo por tratamiento



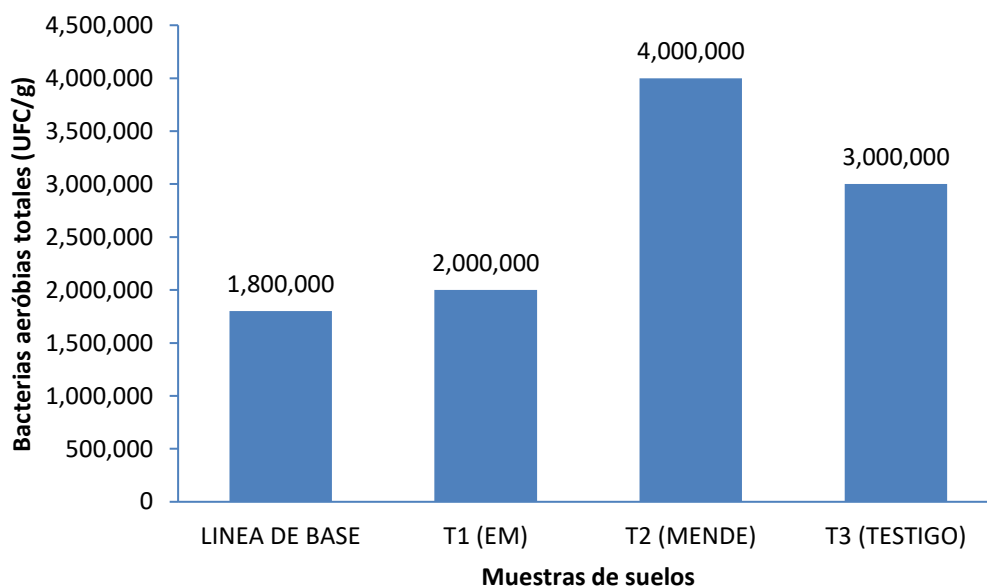
En la figura 63 se presentan los datos de la cantidad de bacterias aeróbicas totales presentes en el suelo, antes del inicio de la investigación se contabilizaron $1,8 \times 10^6$ UFC/g, una población bastante considerable de bacterias aeróbicas totales pudiendo deberse principalmente al periodo de descanso en que se encontraba el terreno, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 2×10^6 UFC/g, una población casi similar a la población inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contaron 4×10^6 UFC/g, muy superior a la población inicial antes del experimento, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron 3×10^6 UFC/g, también superior a la población inicial.

Con respecto a bacterias aeróbicas totales la línea de base obtuvo un valor de $1,8 \times 10^6$ UFC/g el T1(EM) incremento ligeramente el T2 (MENDE) se contaron 4×10^6 UFC/g si influyo drásticamente en el incremento de bacteria totales de igual forma el testigo prácticamente duplicó las poblaciones de línea de base

consideramos este incremento tan significativo del testigo se debe a la activación biológica que ha ocasionado la incorporación de enmienda orgánica que se aplica en formas similar en los tratamientos.

Figura 64

Resultado de bacterias aeróbicas totales de muestras de suelo por tratamiento

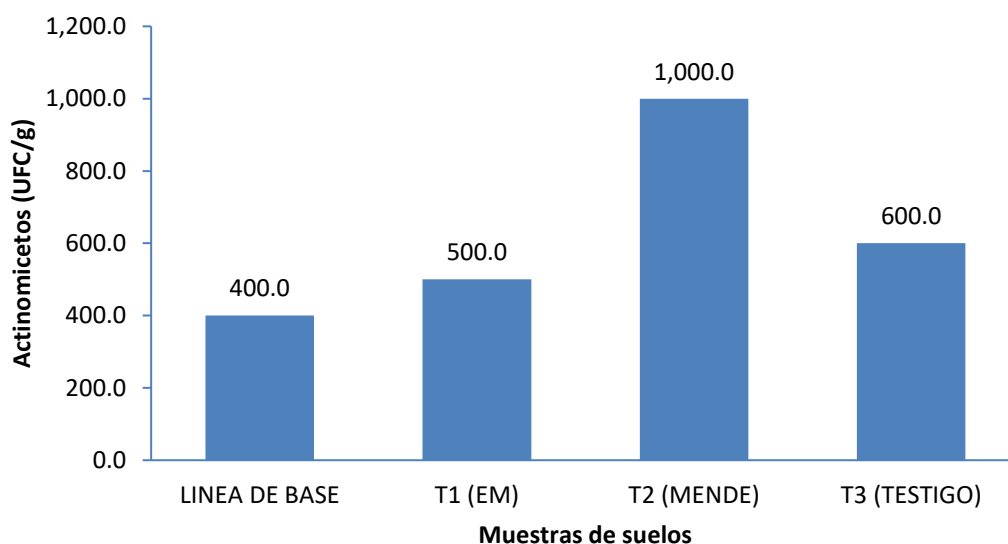


La figura 64 presenta los resultados de las cantidades de actinomicetos encontrados en los suelos en estudio, antes de iniciado el proceso de investigación se contabilizaron 4×10^2 UFC/g de actinomicetos, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 5×10^2 UFC/g, valor muy similar al inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contaron 1×10^3 UFC/g, superando más del doble a la población inicial de actinomicetos, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron 6×10^2 UFC/g, valor ligeramente superior a la población inicial de actinomicetos

En esta variable de actinomicetos la línea de base obtuvo una población 4×10^2 UFC/g y los 2 tratamientos y testigo han incrementado esa población, concluyendo estos microorganismos habidos degradadores de materia orgánica han incrementado su población debido a la enmienda orgánicas al inicio del experimento.

Figura 65

Resultado de Actinomicetos de muestras de suelo por tratamiento

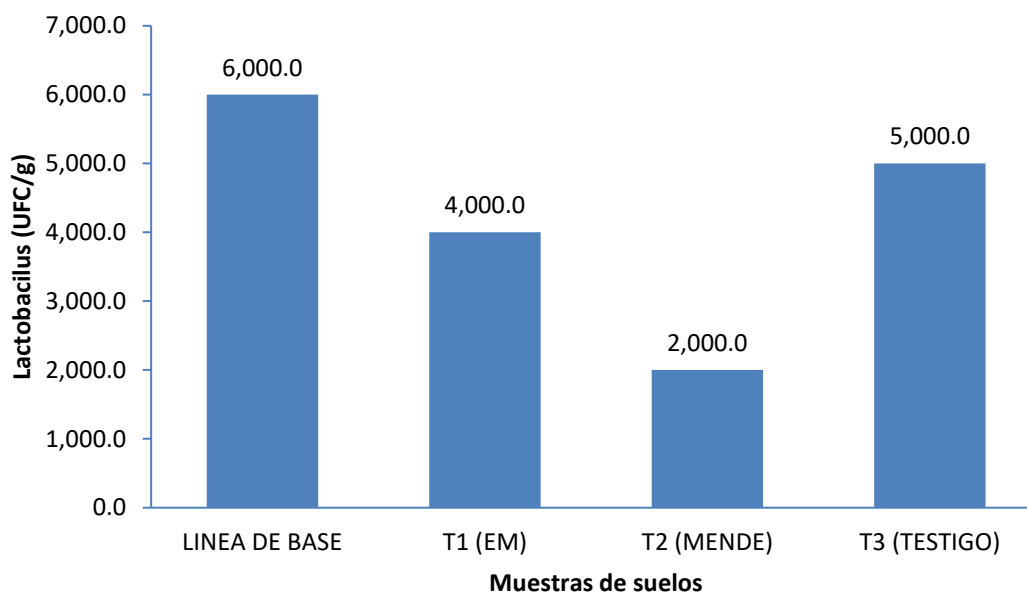


La figura 65 presenta los resultados de las poblaciones de *Lactobacillus* encontrados en los suelos en estudio, antes de iniciado el proceso de investigación se contabilizaron 6×10^3 UFC/g de *Lactobacillus*, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 4×10^3 UFC/g, valor inferior al inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contabilizaron 2×10^3 UFC/g, valor muy inferior a la población inicial, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron 5×10^3 UFC/g, valor ligeramente inferior a la población inicial.

En esta evaluación de *Lactobacillus* la línea base obtuvo un valor de 6×10^3 UFC/g al evaluar los tratamientos y testigo se aprecia que los 2 tratamientos han reducido considerablemente los *Lactobacillus* y el testigo, la reducción ha sido mucho menor asumimos que se debe a que los *Lactobacillus* son organismos que degradan materia orgánica fresca y son biocontroladores de microorganismos patógenos podemos concluir que las poblaciones microbianas de los tratamientos generaron un antagonismo con los microorganismos propios del suelo más este fenómeno no ocurrió en el testigo por lo que la población no se ha reducido considerablemente.

Figura 66

Resultado de Lactobacilos de muestras de suelo por tratamiento



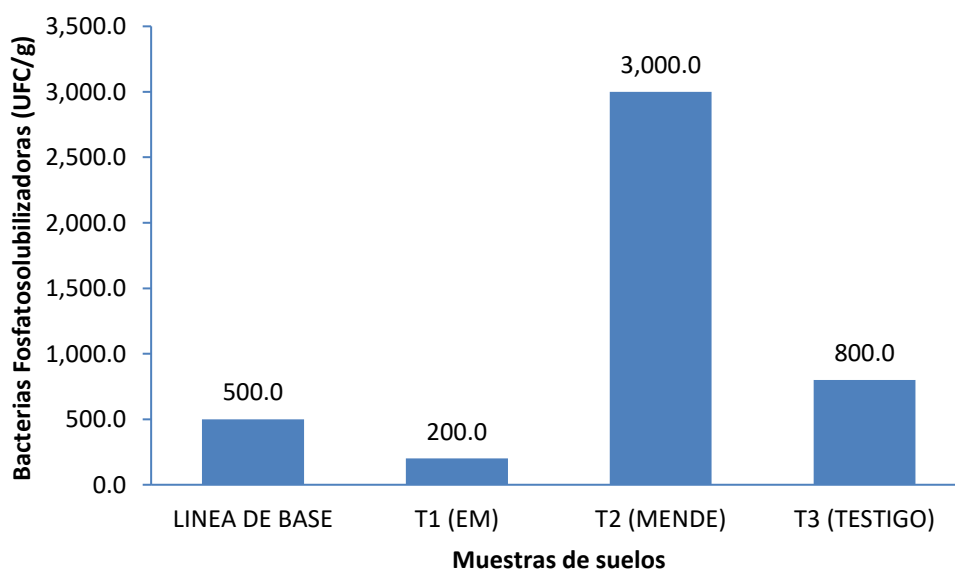
En la figura 66 se presentan las cantidades de las poblaciones de bacterias fosfatodisolubilizadoras encontradas en los suelos en estudio, antes de iniciado el

proceso de investigación se contabilizaron 5×10^2 UFC/g, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 2×10^2 UFC/g, valor muy inferior al inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contabilizaron 3×10^3 UFC/g, valor muy superior a la población inicial, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (Testigo) se contabilizaron 8×10^2 UFC/g, valor superior a la población inicial.

En esta evaluación fosfatosolubilizadoras obtuvo un valor 5×10^2 UFC/g, solamente el T1 (EM) ha reducido la población de bacterias más del 50 % del valor inicial al contrario del T2 (MENDE) las incremento considerablemente y el testigo también ocurrió un incremento significativo indicándonos que las enmiendas orgánicas en cuya composición encontramos fósforo han influido en desarrollar este tipo de microorganismos benéficos.

Figura 67

Resultado de bacterias fosfatosolubilizadoras de muestras de suelo por tratamiento

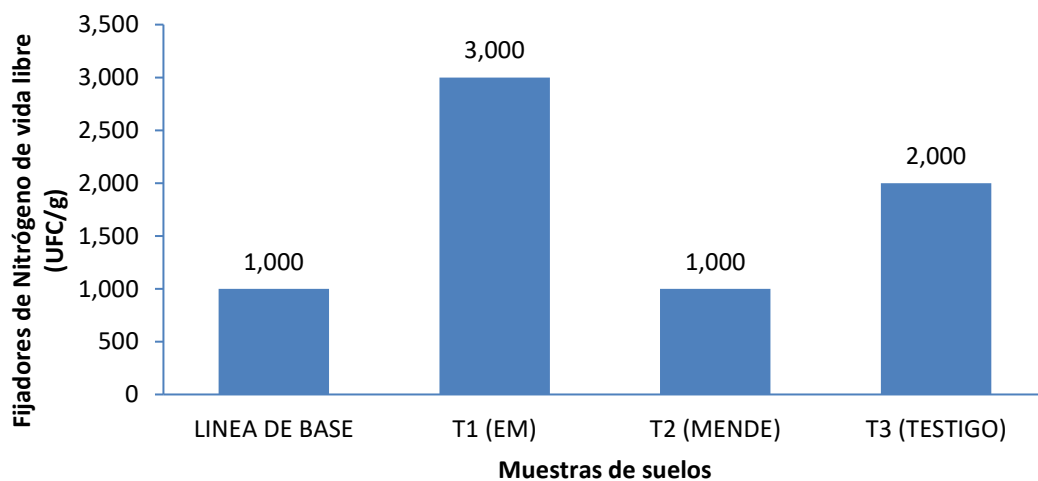


En la figura 67 se presentan las cantidades de las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno hallados en los suelos en estudio; antes de iniciado el proceso de investigación se contabilizaron 1×10^3 UFC/g, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 3×10^3 UFC/g, valor que triplica a la población inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contabilizaron 1×10^3 UFC/g, el mismo valor de la población inicial, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron 2×10^3 UFC/g, el doble de la población inicial de bacterias fijadoras de nitrógeno.

Con respecto a las bacterias fijadores de nitrógeno de vida libre en la línea de base se obtuvo 1×10^3 UFC/g, el T1(EM) triplico esta población, el T2 (MENDE) las mantuvo similar a la línea de base y el testigo duplico de esta bacteria concluyendo que la presencia de los cultivos y de los tratamientos microbiológicos favorecieron el desarrollo de estos microorganismos benéficos.

Figura 68

Resultado de fijadores de nitrógeno de vida libre de muestras de suelo por tratamiento

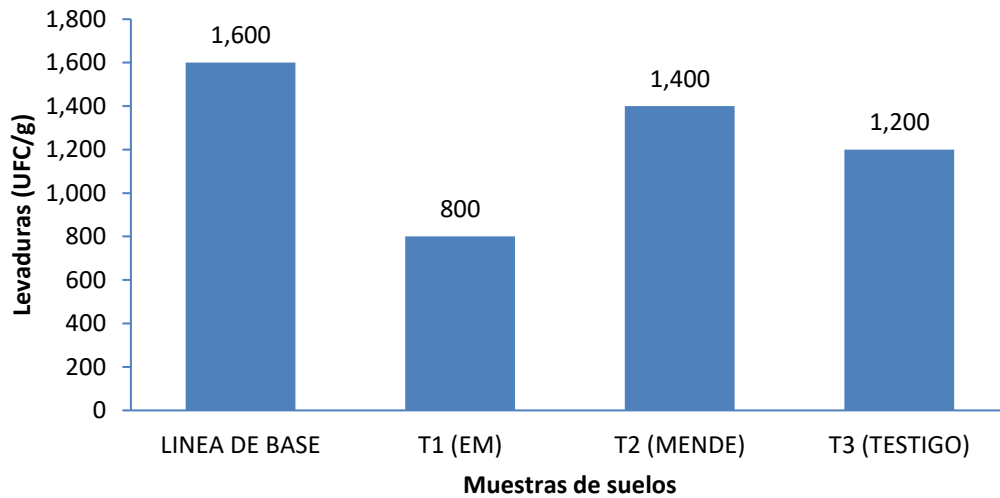


La figura 68 en donde se presentan las cantidades de las poblaciones de levaduras encontrados en los suelos en estudio; antes de iniciado el proceso de investigación se contabilizaron $1,6 \times 10^3$ UFC/g, el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) se contabilizaron 8×10^2 UFC/g, que corresponde al 50% de la población inicial, el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) se contabilizaron $1,4 \times 10^3$ UFC/g, valor ligeramente menor a la población inicial, y finalmente, el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) se contabilizaron $1,2 \times 10^3$ UFC/g, valor menor a la población inicial de levaduras.

Con respecto a las levaduras la línea de base obtuvo de $1,6 \times 10^3$ UFC/g, los tratamientos y testigo influyeron en la reducción de esta población inicial el T1 (EM) lo redujo a la mitad el T2 (MENDE) lo redujo 200 UFC/g y el testigo una reducción de 400 UFC/g considerando que las levaduras son hongos que participan en los procesos iniciales de la degradación de materia orgánica sus poblaciones se van reduciendo a la medida a la materia orgánica termine de degradarse, consideramos que la incorporación de enmiendas orgánicas al finalizar el experimento han sufrido un considerable proceso de degradación y que por eso se debe estas poblaciones reducidas de levaduras.

Figura 69

Resultado de levaduras de muestras de suelo por tratamiento



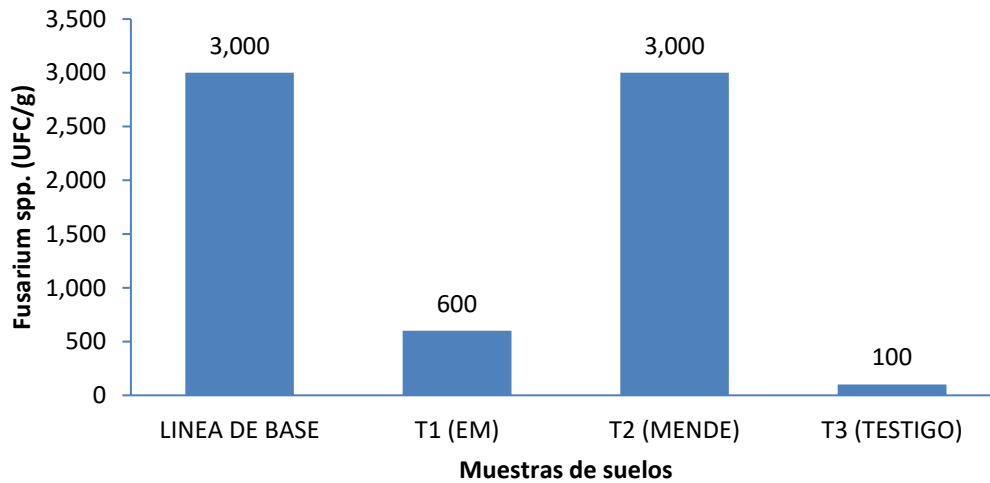
En la figura 69 presentamos el resultado de los análisis de suelos con respecto a las poblaciones de *Fusarium spp.*, siendo estos un grupo de hongos patógenos del suelo, antes de iniciado el proceso de investigación el suelo en descanso presentó cantidades altas de poblaciones de este hongo patógeno llegando a valores de hasta 3×10^3 UFC/g; en cambio, en el suelo con el tratamiento T1 (EM) se observa que esta población descendió considerablemente a 6×10^2 UFC/g, en el suelo con el tratamiento T2 (MENDE) las poblaciones del hongo se mantuvieron en 3×10^3 UFC/g, y finalmente, en el suelo con el tercer tratamiento T3 (testigo) la reducción estuvo más marcada llegando hasta una población de 1×10^2 UFC/g.

En la evaluación de *Fusarium spp.*, la línea base presenta 3×10^3 UFC/g; el efecto del T1 (EM) permitió la reducción considerable del *Fusarium spp.*, el T2 (MENDE) ha mantenido la misma población iniciales y es donde el testigo a ocurrido la reducción de este microorganismo asumimos que la presencia de las

enmiendas orgánicas y de los cultivos han promovido las poblaciones de microorganismos antagónicos al *Fusarium spp* cosa que los tratamientos no lo hicieron.

Figura 70

Resultado de Fusarium sp. de muestras de suelo por tratamiento

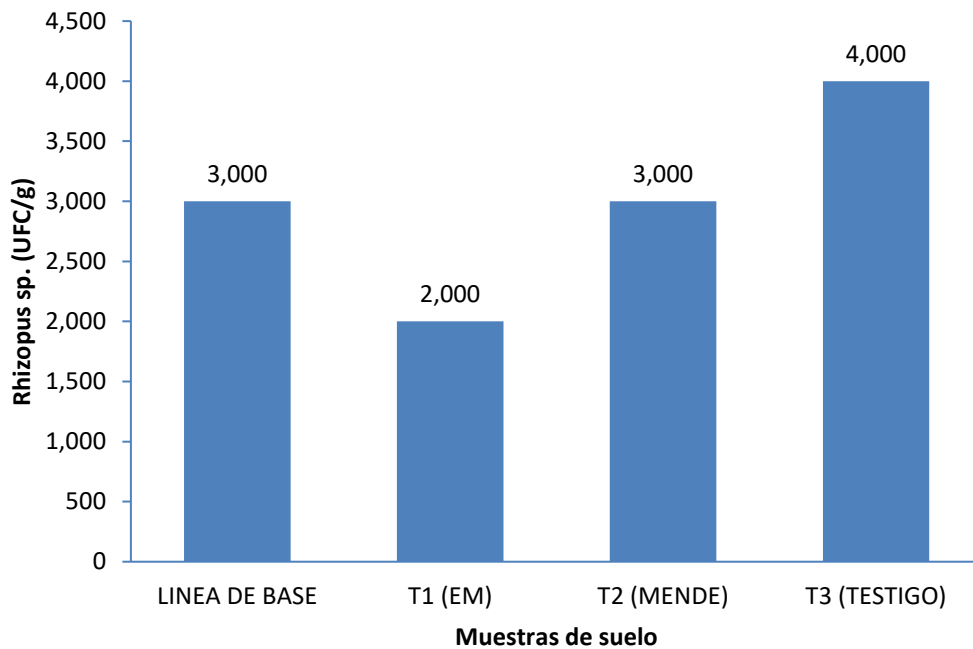


La figura 70 presenta los datos del análisis de la presencia de *Rhizopus sp.* en el suelo donde se realizó el experimento, este es un hongo saprófito clasificado dentro de los mohos de estructura filamentosa y que algunas especies pueden actuar como enfermedades especialmente en etapa de post cosecha; de esta manera, en el suelo antes de la experimentación con los tratamientos se encontraron 3×10^3 UFC/g, luego de la aplicación del tratamiento T1 (EM) se obtuvo una población de 2×10^3 UFC/g, en el campo donde se aplicó el tratamiento T2 (MENDE) se encontró una población similar a la inicial siendo de 3×10^3 UFC/g, y finalmente, en el suelo del tratamiento T3 (testigo) se encontró la mayor población con un valor de 4×10^3 UFC/g de *Rhizopus sp.*

En la evaluación de *Rhizopus sp.* es un hongo saprofito especializado en degradar materia orgánica inerte por lo tanto sus poblaciones depende de la ausencia de esta y la línea de base obtuvo valor de 3×10^3 UFC/g. el T1 (EM) redujo esa población el T2 (MENDE) mantuvo la relación inicial y el testigo se incrementó esta población inicial podemos deducir que la incorporación inicial la presencia de materia orgánicas generada por los cultivos han influido en el incremento de la población del testigo y en caso de los tratamientos las poblaciones altas de microorganismos introducidos han afectado a la población de *Rhizopus sp.* por competencia.

Figura 71

Resultado de Rhizopus sp. de muestras de suelo por tratamiento

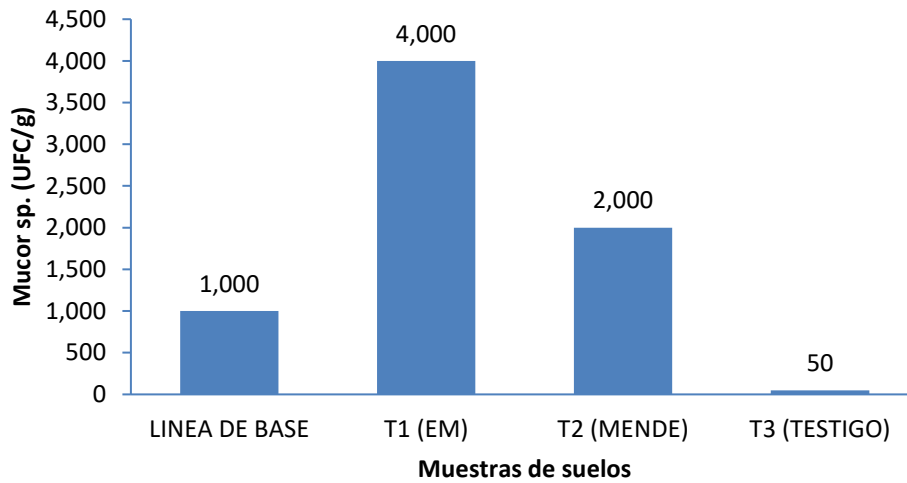


En la figura 71 se muestran los datos del análisis de la presencia de poblaciones de *Mucor sp.*, grupo especial de hongos especializados en solubilizar el fósforo del suelo y convertirlo en nutriente de alta disponibilidad para las raíces de las plantas; de esta manera, en el suelo antes de la experimentación se halló una población de 1×10^3 UFC/g, en el suelo aplicado con el tratamiento T1 (EM) las poblaciones de *Mucor sp.* se incrementaron altanamente llegando a valores de 4×10^3 UFC/g, en el suelo aplicado con el tratamiento T2 (MENDE) las poblaciones de *Mucor sp.*, se incrementaron el doble llegando a valores de 2×10^3 UFC/g, y finalmente, en el suelo aplicado con el tratamiento T3 (testigo) las poblaciones *Mucor sp.* descendieron hasta valores de 50 UFC/g.

Con referencia a la especie *Mucor sp.*, un hongo fosfato solubilizador de fosforo en la línea de base se encontró una población de 1×10^3 UFC/g, en el T1 (EM) cuadriplico esta población el T2 (MENDE) lo duplico y en el testigo se redujo dramáticamente asumimos que este valor está relacionado con la presencia de bacteria de fosfato solubilizadoras las que mostraron una alta presencia en el testigo pudiendo concluir estas bacterias al actuar en competencia en el mismos sustrato consiguieron reducir las poblaciones de mucosa que también es un fosfato solubilizador.

Figura 72

Resultado de Mucor sp. de muestras de suelo por tratamiento

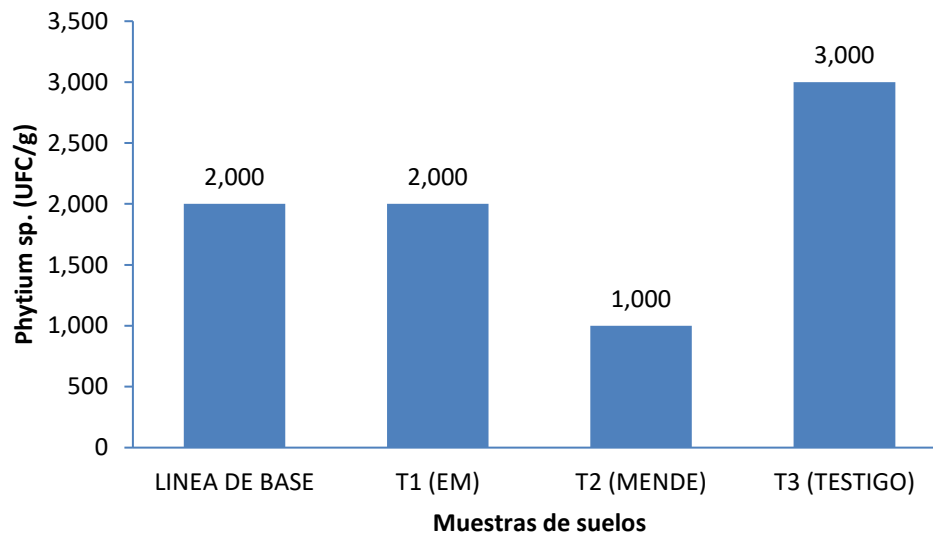


La figura 72 muestra los datos del análisis de la presencia del género *Pythium spp.*, hongo presente en la flora del suelo con algunas especies que atacan a las plantas y otras que actúan de forma saprofitica, en el caso del suelo antes de los tratamientos presentó una población de 2×10^3 UFC/g, el tratamiento T1 (EM) mantuvo las poblaciones de *Pythium spp.* en las mismas cantidades al obtenerse el mismo resultado de 2×10^3 UFC/g, el tratamiento T2 (MENDE) redujo las poblaciones hasta la mitad con un total de 1×10^3 UFC/g, y finalmente, el tratamiento T3 (testigo) incrementó las poblaciones hasta las 3×10^3 UFC/g.

En la evaluación de *Pythium spp.*, en la línea de base se encontró una población de 2×10^3 UFC/g, el T1 (EM) ha mantenido la misma población el T2 (MENDE) lo redujeron a la mitad y el en testigo hubo un incremento de 1×10^3 UFC/g asumimos que ocurrido este incremento debido a que no se introdujo ningún microorganismo tal como ha ocurrido en los dos tratamientos.

Figura 73

Resultado de Pythium spp. de muestras de suelo por tratamiento



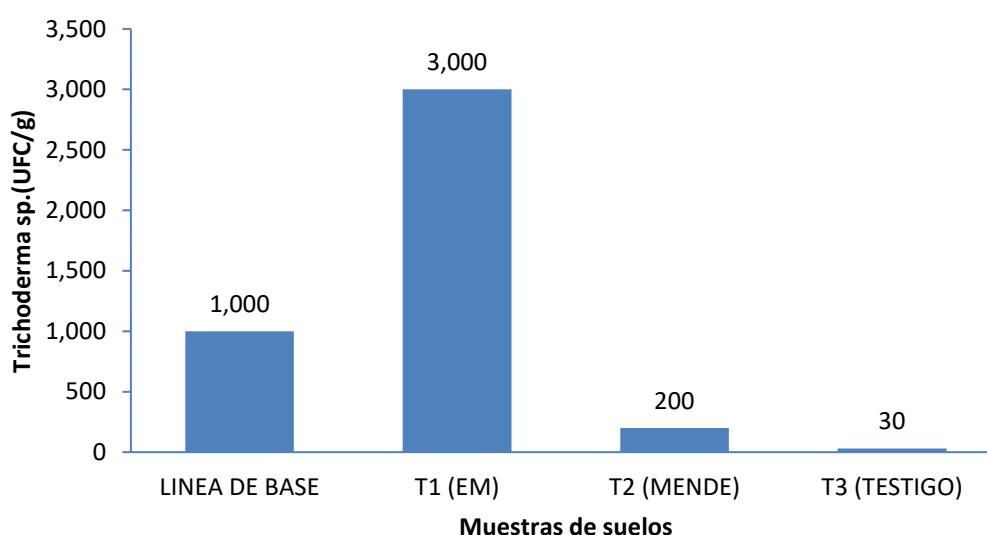
En la figura 73 se muestra los datos del análisis de las poblaciones del género *Trichoderma spp.*, un hongo benéfico del suelo que actúa de forma antagónica como poderoso supresor de poblaciones de hongos patógenos de las plantas; de esta manera, la muestra de suelo de antes de iniciar el experimento presenta una población de 1×10^3 UFC/g, el tratamiento T1 (EM) incrementó las poblaciones de *Trichoderma spp* hasta 3 veces la población inicial obteniendo un valor de 3×10^3 UFC/g, el tratamiento T2 (MENDE) redujo las poblaciones hasta un valor de 2×10^2 UFC/g, y finalmente el tratamiento T3 (testigo) redujo aún más las poblaciones llegando a un valor de 30 UFC/g.

En la evaluación de *Trichoderma spp.*, un hongo benéfico del suelo que actúa de forma antagónica como poderoso supresor de poblaciones de hongos patógenos de las plantas; de esta manera, la muestra de suelo de antes de iniciar el

experimento presenta una población de 1×10^3 UFC/g, el T1 (EM) ha triplicado esta población en el T2 (MENDE) se ha reducido en la quinta parte y en el testigo la reducción ha sido considerable pudiendo asumir que esta reducción debido a otro microorganismo antagónico al *Trichoderma spp* o también por competencia haya afectado la población de este hongo benéfico.

Figura 74

Resultado de Trichoderma sp. de muestras de suelo por tratamiento



4.2 Discusión de resultados.

4.2.1 En relación al objetivo general.

El objetivo del presente trabajo de investigación buscó comparar el efecto de los microorganismos eficientes en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el valle viejo de Tacna, todo bajo un sistema de producción hortícola, donde se cultivaron cinco especies hortícolas (rabanito, betarraga,

albahaca, espinaca y lechuga), encontrando dentro de los resultados obtenidos en la investigación que los microorganismos que mejoraron de manera significativa las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en estudio, fueron los microorganismos nativos del propio suelo, promovidos a través del descanso del terreno por más de 5 años, tiempo suficiente para optimizar considerablemente la micro flora del suelo. El descanso del suelo fue un factor que se identificó como muy importante al momento de evaluar el impacto de los microorganismos introducidos a este agroecosistema. Este experimento fue realizado en el valle viejo de Tacna, en una parcela ubicada en la zona de Para Grande, y el dueño del predio designó un terreno que había estado muchos años en descanso, situación que tuvo mucha influencia en los resultados obtenidos, lo cual vamos a discutir a continuación.

Los suelos en descanso es una tecnología ancestral, Hervé, (1994) define y describe las tierras en descanso, indicando que el descanso es un estado temporal del suelo, sin cultivos, dentro de una sucesión de cultivos. No es, por ello, un sinónimo de “rotación de cultivos”, ni es un uso de la tierra como es el pasto, el bosque, etc. Se refiere a tierras cultivables, no cultivadas y se diferencia entonces de las tierras eriazas, baldías totalmente abandonadas o no cultivables.

Sin embargo, Sivila de Cary & Hervé, (1994) indican que hasta hoy no se ha comprobado ni cuantificado la reconstitución de la fertilidad del suelo en un determinado tiempo de descanso. Tampoco se han controlado las actividades bioquímicas de la microbiota del suelo en descanso. Indican también que no se debe considerar el suelo sólo como un medio que sostiene el crecimiento de la planta;

sino como un complejo ecológico natural habitado por una población microscópica muy activa y diversa, y que los microorganismos del suelo como las bacterias, hongos y actinomicetos son responsables de transformaciones físico-químicas importantes para la producción agrícola.

Por lo tanto, los resultados obtenidos confirman esta situación que indican los autores citados, el descanso afecta positivamente las poblaciones de microorganismos del suelo, y esto influye directamente en la mejora de la fertilidad del suelo, y esta población es tan alta y diversificada que pueden afectar poblaciones de microorganismos introducidos por competencia, lo que es el caso de esta investigación, donde introducimos microorganismos eficientes EM y microorganismos eficientes nativos, los cuales no pudieron superar las poblaciones de microorganismos autóctonos del suelo, en la mayoría de evaluaciones tanto a nivel de los cultivos, como del análisis de los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo en experimentación.

Sivila & Angulo, (2006) destacan que la importancia de la composición e interacción de las poblaciones microbianas en el suelo es indiscutible, y que en gran medida, la fertilidad del suelo está controlada por las actividades biogeoquímicas de la microbiota que actúa como abastecedor potencial de nutrientes para las plantas.

De igual forma Hervé, (1994) destaca que la reconstitución de la fertilidad del suelo con un descanso largo de la tierra es, aparentemente, una cuestión resuelta, y que por lo menos, así se presenta en la literatura relacionada al tema y también en la opinión generalizada, pero que existen muy pocos estudios sobre la evolución de

la fertilidad del suelo después de la cosecha del último cultivo de la sucesión, indicando que se carece, en particular, de referencias para evaluar una duración “óptima” del descanso o para monitorear una reducción del mismo.

4.2.2 En relación al objetivo específico 1.

El primer objetivo específico buscó determinar los microorganismos eficientes que hayan favorecido más el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo en estudio, y al realizar las evaluaciones respectivas y los análisis de los resultados obtenidos, se ha encontrado que las propiedades físicas del suelo son difíciles de modificar en el corto tiempo, y que al ser un factor multidimensional, se ha verificado que no es necesario evaluar únicamente la acción de los microorganismos eficientes, siendo necesario integrar otros factores y uno de ellos es el tiempo, que 60 días de cultivo de hortalizas no fue el tiempo suficiente para promover cambios sustanciales en las propiedades físicas del suelo.

Es así que Sivila de Cary & Hervé, (1994) indican que no debemos considerar el suelo sólo como un medio que sostiene el crecimiento de la planta; sino como un complejo ecológico natural habitado por una población microscópica muy activa y diversa, y que son los microorganismos del suelo como las bacterias, hongos y actinomicetos los responsables de transformaciones físico-químicas importantes para la producción agrícola.

4.2.3 En relación al objetivo específico 2.

El objetivo específico 2 se refiere a que en esta investigación se buscaba especificar cuál de los microorganismos evaluados son los más apropiados para el mejoramiento de las propiedades químicas del suelo, encontrándose en los análisis de resultados que fueron los microorganismos nativos del suelo los más apropiados para el mejoramiento de las principales variables de las propiedades químicas del suelo superando ligeramente a los microorganismos eficientes en tratamientos, tanto los EM como los microorganismos eficientes nativos.

Al respecto Pedraza et al., (2010) menciona a Naiman et al., (2009) que indica que en un análisis de sustentabilidad se requiere de un conocimiento detallado de las interrelaciones que se presentan entre los microorganismos seleccionados incorporados (inoculantes) frente a la compleja comunidad microbiana natural que habita en ese microambiente, y que en este sentido, el mantenimiento de la viabilidad, diversidad de la población y el funcionamiento de las comunidades microbianas del suelo es esencial para tener una agricultura sustentable, y que debemos tomar en cuenta que la fertilidad del suelo no sólo depende de su composición química, sino también de la naturaleza cuantitativa y cualitativa de los microorganismos que habitan en él, Giri et al., (2005) mencionado por Pedraza et al., (2010).

Las propiedades químicas se refieren principalmente al flujo de nutrientes en el suelo, por eso mismo Pedraza et al., (2010) indican que varias etapas del

ciclado de nutrientes en el suelo son exclusivamente microbianas, de igual forma la degradación de la mayoría de los polímeros carbonados constituyentes de los tejidos vegetales, la producción y el consumo de metano, la fijación de nitrógeno o la oxidación de amonio a nitrito y posteriormente a nitrato, son procesos biológicos llevados a cabo sólo por microorganismos. También destacan que la principal fuente de carbono lábil en el suelo son las plantas, cuyos constituyentes principalmente son polímeros como la celulosa, hemicelulosa, lignina y proteínas, y por una pequeña fracción (alrededor del 10% del peso seco) de compuestos solubles de menor peso molecular y que estos compuestos vegetales constituyen la principal fuente de energía y carbono para los microorganismos del suelo, que hay que destacar que los hongos, los actinomicetos y muchas bacterias son capaces de producir enzimas extracelulares que hidrolizan dichos polímeros, Paul y Clark, (1989) mencionados por Pedraza et al., (2010), que dan lugar a compuestos más sencillos que pueden ser utilizados por ellos y por otros que no poseen capacidad celulolítica o proteolítica, y expanden el uso de los compuestos carbonados a un grupo más amplio de organismos del suelo.

Moratto et al., (2005) advierten que los nutrientes como el N y el P son limitantes del crecimiento vegetal; por esta razón, es fundamental el estudio y seguimiento de los grupos funcionales de microorganismos tratados en este trabajo, conjuntamente con los procesos fundamentales que ellos median, para poder diseñar estrategias que conduzcan al manejo sostenible de estos sistemas agrícolas, ya que la inhibición o disminución de las poblaciones en cuestión afecta directamente la fertilidad y la productividad de los suelos.

4.2.4 En relación al objetivo específico 3.

El tercer objetivo específico ha buscado determinar los microorganismos eficientes apropiados para el mejoramiento de las propiedades biológicas en el suelo del valle viejo de Tacna bajo el cultivo de hortalizas, y al realizar todas las evaluaciones y análisis de resultados se encontró que nuevamente los microorganismos nativos del suelo demostraron ser más apropiados para el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo superando ligeramente a los microorganismos eficientes en evaluación.

Por eso mismo es importante destacar que Pedraza et al., (2010) manifiestan que en un gramo de suelo podemos encontrar millones de bacterias cultivables, entre las cuales se va encontrar una gran diversidad metabólica para transformar los elementos que forman parte de los nutrientes necesarios para todos los seres vivos, también destacan que su presencia no indica que todos los microorganismos participen activamente en la dinámica de esos elementos, ya que su contribución va depender de su estado fisiológico, de su actividad enzimática y de la concentración y disponibilidad de los compuestos a utilizar, que han observado que diversas transformaciones microbianas como la oxidación aeróbica de metano y de amonio, así como la metanogénesis y la reducción de sulfatos, están generalmente comandadas por la actividad más que por el número de los microorganismos que intervienen específicamente en dichas transformaciones

Roling, (2007) mencionado por Pedraza et al., (2010), y que esta actividad metabólica depende a su vez de las condiciones circundantes, determinadas por las propiedades fisicoquímicas del suelo y por los otros organismos que comparten el hábitat.

4.2.5 En relación al objetivo específico 4.

El cuarto y último objetivo específico se refiere a poder definir los microorganismos eficientes más apropiados para el mejoramiento de la productividad del cultivo de hortalizas en condición de los suelos del valle viejo de Tacna, y luego de evaluar el desarrollo de estas hortalizas a lo largo de toda la investigación y finalmente determinar sus rendimientos, se puede indicar que finalmente son los microorganismos nativos del suelo promovidos con la técnica del descanso, los más apropiados para el mejoramiento de la productividad de cultivo de cinco hortalizas, seguido muy de cerca por los microorganismos eficientes EM habiendo quedado un poco relegado los microorganismos eficientes nativos.

Ante ello debemos de analizar lo que indican Sivila de Cary & Hervé, (2006) de que la fertilidad del suelo es un tópico complejo en el que intervienen varios factores en interacción: elementos físicos y químicos, factores biológicos del suelo y limitantes climáticos, y que la pequeña agricultura valoriza un suelo pobre para su subsistencia, mediante un sistema de cultivo con descanso y sin uso de insumos, por lo tanto, la recuperación de la fertilidad del suelo es una de las razones para que las parcelas agrícolas deban ser sometidas a largos periodos de descanso.

Escobar et al., (2020) indican que las propiedades físico – químicas del suelo son determinantes en la producción de forrajes, facilitan o limitan la disponibilidad y asimilación de nutrientes para las plantas y mencionan a Tapia y Rivera (2010), que consideran que niveles altos de materia orgánica (MO) favorecen la disponibilidad de nutrientes, también mencionan a Castro (1998) quien afirma que es deseable que un suelo presente capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta (más de 20 meq/100g) asociada a una buena saturación de bases, lo que indica gran potencial de reserva y suministro de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), mencionando también a Gavilán (2004), el que sostiene que la MO que presenta CIC alta, también presenta una alta capacidad tampón frente a cambios rápidos del pH y disponibilidad de nutrientes.

Es importante destacar lo que manifiestan Pedraza et al., (2010) de que uno de los factores que permiten alcanzar mayor competitividad en el mercado mundial de los productos agrícolas es la reducción del uso de agroquímicos, cuyo costo depende en gran medida del precio del petróleo (especialmente el fertilizante nitrogenado) y cuyo efecto puede tener impactos nocivos sobre el ambiente. También indican que la sustitución parcial o total de agroquímicos por microorganismos, manteniendo altos rendimientos del cultivo, es una alternativa valiosa para lograr una producción sostenible y para conquistar mercados exigentes, y que en la actualidad la utilización de microorganismos benéficos ha tenido una amplia difusión, debido a su efecto positivo sobre el rendimiento de muchos cultivos en distintas situaciones y a la factibilidad de permitir desarrollar una agricultura orgánica, Caballero-Mellado, (2004), Cassán y García de Salamone, (2008), mencionados por Pedraza et al., (2010)

Pedraza et al., (2010) también manifiestan que los inoculantes microbianos representan una nueva tecnología conducente a mejorar la productividad del sistema agropecuario a largo plazo, que puede ser considerada como una tecnología limpia, alineada con principios de la agricultura sustentable, frente al aumento abusivo de la utilización de pesticidas y fertilizantes en estos últimos tiempos y mencionan a Maddonni et al., (2004) y Naiman et al., (2009) que indican que varios microorganismos son utilizados en la práctica agrícola habitual, y otros tienen potencialidad para ser utilizados en el futuro.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Primera. Se comparó Los efectos de Los microorganismos que mejoraron de manera significativa Las propiedades físicas químicas Y biológicas del suelo, concluyendo que fueron los microorganismos nativos propios suelos promovidos a través del descanso del terreno por más de 5 años tiempo suficiente para optimizar considerablemente la microflora del suelo.

Segunda. Determinó que las propiedades físicas del suelo son difíciles de modificar en el corto tiempo Y únicamente por la acción de los microorganismos eficientes siendo necesario integrar otros factores y uno de ellos es el tiempo, que con 60 días de cultivo de hortalizas no fue tiempo suficiente para ocasionar cambios en Las propiedades físicas del suelo

Tercera. Se especificó que los microorganismos nativos del suelo fueron apropiados para el mejoramiento de las principales variables de las propiedades químicas del suelo superando ligeramente a los microorganismos eficientes en tratamientos.

Cuarta. Los microorganismos nativos del suelo demostraron ser apropiado para el mejoramiento de las propiedades biológicas del suelo superando ligeramente a los microorganismos eficientes en tratamientos

Quinta. Los microorganismos nativos del suelo fueron más apropiados para el mejoramiento de la productividad de cultivo de hortalizas, seguido muy de cerca por los microorganismos eficientes EM habiendo quedado relegado los microorganismos eficientes nativos del desierto MÉNDE.

15.1 Recomendaciones.

Primera Proseguir con las investigaciones de Los microorganismos eficientes en El efecto positivo de las propiedades del suelo asimismo se recomienda Las prácticas ancestrales del descanso de terreno Y de Las rotaciones de cultivo en el mejoramiento de las poblaciones de microorganismos para la mejora de Las propiedades físicas químicas Y biológicas del suelo.

Segunda. Se necesita investigar en el tema del mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos de Tacna evaluando la interacción de varios factores y

principalmente hacerlo en un plazo de tiempo lo suficientemente adecuado y que permita medir los cambios.

Tercera. Continuar las investigaciones de los microorganismos eficientes nativos promover las prácticas ancestrales en los campos del valle viejo de Tacna que han demostrado que pueden mejorar las propiedades químicas de estos suelos muchos ya cansado por el mal manejo que en la actualidad les están dando.

Cuarto. Promover la investigación identificación y propagación de microorganismos nativos de los suelos del valle viejo de Tacna especialmente de terrenos en descanso asimismo evaluar su efecto en el mejoramiento de propiedades biológicas de los suelos degradados.

Quinta. Continuar con las investigaciones de microorganismos eficientes nativos del suelo para medir los efectos de los microorganismos del suelo en el mejoramiento de la productividad de hortalizas y frutas que se cultivan en todo el valle viejo de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, H. (2002). *Manual Agropecuario: tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente*. Bogotá, Colombia: Editorial Biblioteca del Campo.
- Albuquerque, U. & Andrade, L. (1998). El género *Ocimum* L. (Lamiaceae) en el nordeste de Brasil. *Anales Jard. Bot. de Madrid*, 56(1), 43-64.
- Andrades, M., & Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. España: Universidad de La Rioja.
- Ansorena, J. (2005). *Fertilidad del suelo: acidez y complejo de cambio*. España: Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Baca, E. (2015). *Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en betarraga (*Beta vulgaris* L) en condiciones de invernadero* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/3063>
- Becerra, J. (1992). *Horticultura*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bernal, G. (2006). *La microbiología del suelo en el Ecuador: situación actual de la investigación*. Guayaquil, Ecuador: Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Biasney, Y., Mosqueira, S., Escobar, R. & Pérez, C. (2006). Manejo y producción de albahacas (*Ocimum* sp.) cultivadas en el municipio de Quibdó, Choco, Colombia. *Revista Institucional: Investigación, biodiversidad y desarrollo*, 16(2),15-35.
- Briseño, S., Aguilar, M. & Villegas, J. (2013). *El cultivo de albahaca*. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C.

- Cánovas, A. (1993). *Tratado de agricultura ecológica*. España: Instituto de Estudios Almerienses.
- Casseres, E. (1980). *Producción de hortalizas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Chappa, C. & Ávila, L. (2014). *Dosis de fertilizante con microorganismos benéficos (Ferti EM) en el cultivo de rabanito (Raphanus sativus L.) en la provincia de Lamas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Perú.
Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11458/598>
- De Freitas, J., Banerjee, M. & Germida, J. (1997). Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). *Biology Fertility Soils*, 24(5),358–364.
- Díaz, O., Montero, D. & Lagos, J. (2019). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (acacia melanoxylon) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 12(3),141-160
- Enriquez, J., & Viera, J. (2010). *Caracterización preliminar de aislamiento de Microorganismos, mediante la técnica de E.M., a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
Recuperado de:
- Escobar, M. I., Navas Panadero, A., Medina, C., Corrales Alvarez, J., Tenjo, A. I., & Borrás Sandoval, L. (2020). *Efecto de prácticas agroecológicas sobre*

- características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano*. *Livestock Research for Rural Development*, 32(4), 24 pág.
- Fankem, H., Nwaga, D., Deubel, A., Dieng, W. & Merbach, W. (2006). Occurrence and functioning of phosphate solubilizing microorganisms from oil palm tree (*Elaeis guineensis*) rhizosphere in Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 5 (24), 2450- 2460
- Fassbender, H. & Bormesza E. (1987). *Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica: Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Fitz, E. (1984). *Suelos: su formación, clasificación y distribución*. México: Continental
- Foth, H. (1987). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. México: CECSA.
- García, G. (2000). *Química Agrícola: El Suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Giaconi, V. & Escaff, M. (1998). *Cultivo de hortalizas*. Santiago de Chile, Chile: Vicente Giaconi.
- Goites, D. (2008). *Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA.
- Gómez, J. & Estrada, I. (2005). *Índices de la calidad de suelos y compost desde la perspectiva agro ecológica*. Sevilla – España: Peninsular.
- Gómez, Y. & Zabala, M. (2001). *Determinación de la capacidad solubilizadora del fosforo en hongos aislados de la rizósfera del maní (*Arachis hypogaea* L.)*. Venezuela: Saber - Universidad de Oriente.
- Gómez-Tequia, A. N. y Tovar-Gil, X. (2008). *Elaboración de un abono orgánico*

fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (Ocimum basilicum L.). Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias. Bogotá, D. C. Pp. 104

Gorini, F. (1999). *El cultivo de la espinaca*. Zaragoza, España: Acríbia.

Guerrero, J. (1993). *Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico suelos*. Lima, Perú: RAAA

Gyaneshwar, P., Naresh, G., Kumar, L., Parekh, J., & Poole, P. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 24(5), 83–93.

Hamasaki, R., Tsuda, D., Uchida, J. & Valenzuela, H. (1994). Fresh basil production guidelines for Hawaii. *Research Extension Series*, 15(4), 1-7.

Han, J., Shi, J., Zeng, L., Xu, J. & Wu, L. (2015). Effects of nitrogen fertilization on the acidity and salinity of greenhouse soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(4), 2976– 2986.

Hao, X., Chang, C., Travis, G. & Zhang, F. (2003). Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166(2), 239–245.

Henríquez, C. (2015). Efecto del uso del suelo sobre las formas de fósforo de un andisol. *Agronomía Costarricense*, 39(1), 79-85

Hensel, J. & Restrepo, J. (2013). *Manual práctico de agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra*. Cali, Colombia: Feriva S.A.

Hernández, Y. (1998). La fijación biológica del nitrógeno. *Rev Cubana de Ciencias Agrícola*, 32(5), 15-37.

Hervé, D. (1994). *Desarrollo Sostenible en los Andes Altos, Los Sistemas de Cultivo con Descanso Largo Pastoreado*. En D. Herve, D. Genin, & G. Riviere, *Dinámicas del Descanso de la Tierra en los Andes* (págs. 15-36). La Paz - Bolivia: Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria y ORSTOM. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf)

Hervé, D. (1994). *Respuestas de los Componentes de la Fertilidad del Suelo a la Duración del Descanso*. En D. Hervé, D. Genin, & G. Riviere, *Dinámicas del Descanso de la Tierra en los Andes* (págs. 155-169). La Paz, Bolivia: Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA y ORSTOM. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf)

Hossain, M., White, S., Elahi, S., Sultana, N., Choudhury, M., Alam, Q., Rother, J. & Gaunt, J. (2005). The efficiency of nitrogen fertiliser for rice in Bangladeshi farmers' fields. *Field Crops Research*, 93(1), 94–107. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31467>

Huerres, C. & Carballo, N. (1988). *Horticultura*. Habana, Cuba: Pueblo y Educación.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Santiago, Chile: INIA.

- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales - IDIAF. (2009). *Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura*. República Dominicana: IDIAF.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2001). *Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua*. Nicaragua: INTA/ FAO.
- Jaramillo, D., Parra L. & González, L. (1994). *El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Jaramillo, V. (1983). *Hortalizas*. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario – ICA.
- Kanter, D. (2018). Nitrogen pollution: a key building block for addressing climate change. *Climatic Change*, 147(12), 11–21.
- Kucey R. (1983). Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Canadian Journal Soil Science*, 63(5), 671–678.
- Kusaka, H. & Ortega, E. (2006). *Microorganismo autóctono y la aplicación a bokashi*. *Revista El Agro*. 116 (16), 12-25.
- Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C. & Eschenbrenner, V. (1994). *The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility*. USA: P.L. Woomeer & M.J. Swift.
- Laza, P. (2002). *Pre elaboración y conservación de alimentos*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
- López-Morales, O. (2006). *Comportamiento etnobotánico de las plantas silvestres*

- utilizadas como medicinales en la Comarca Lagunera, en el Municipio de Viesca, Coahuila* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Lu, C. & Tian, H. (2017). Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots and nutrient imbalance. *Earth System Science Data*, 9(1), 181–192.
- Luo, L., Meng, H., Wu, R. & Gu, J. D. (2017). Impact of nitrogen pollution/deposition on extracellular enzyme activity, microbial abundance and carbon storage in coastal mangrove sediment. *Chemosphere*, 177(3), 275–283.
- Luters, A. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. USA: NRCS-USDA
- Machaca, J. (2017). *Influencia del uso de microorganismos eficientes en el tiempo de elaboración del compost a partir de residuos sólidos orgánicos en Tacna, 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Magrama. (2006). *Peronospora parasítica*. México: T&C.
- Mallar, A. (1978). *La lechuga*. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, S.A.
- Maroto, J. (1986). *Horticultura herbácea especial*. Madrid, España: Mundi – Prensa.
- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. *Problemas del desarrollo*, 45(177), 199-201.
- Méndez, P. (2019). *Evaluación de Microorganismos de Montaña MM como aceleradores de compostaje par es de compostaje para la producción de*

- cultivos de aromáticos* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Bogotá.
- Morales, P. (1995). *Fundación de desarrollo agropecuario*. República Dominicana: INC.
- Moratto, C., Martínez, L., Valencia, H., & Sánchez, J. (2005). *Efecto del uso del suelo sobre hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero (Cundinamarca)*. *Revista Agronomía Colombiana*, 23(2), 299-309.
- Moreno, V. (2016). *Aislamiento, caracterización de tierra de montaña y subtrópico durante el periodo 2016* (Tesis de pregrado). Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Morgan, R., Quinton, J. & Rickson, R. (1994). Modelling methodology for soil erosion assessment and soil conservation design: the EUROSEM approach. *Outlook in Agriculture*, 23(4),22-37.
- Mostacero, J., Mejía, F. & Gamarra, O. (1993). *Taxonomía de las fanerógamas peruanas útiles del Perú*. Lima, Perú: CONCYTEC.
- Muñoz, F. (1993). *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2003). *Química agrícola*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Nissen, J. (1974). *Estudio agroecológico del predio experimental Santa Rosa* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile.

- Orbe, J. (2017). *Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano* (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (1996). *Planificación y manejo integrados de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina*. Santiago de Chile: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2015). *World fertilizer trends and outlook to 2018*. Roma: FAO.
- Oyarzum, P., Chamorro, F. & Córdova, J. (2002). *Manejo integrado de enfermedades en cultivos*. Quito, Perú: INIAP-CIP.
- Palacios, O. & Aceves, E. (1980). *Instructivo para el muestreo e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola: rama de riego y drenaje*. México: Colegio de Postgraduados de la ENA.
- Paniagua, J. (2008). *Preparación y usos de microorganismos de montaña, líquidos y sólidos*. Costa Rica: J &
- Parson, D. (1987). *Manuales para educación agropecuaria cucurbitácea*. México: Trillas.
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández Scavino, A., García de Salamone, I., Baca, B., Azcón, R., Bonilla, R. (2010). *Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión*. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2), 155-164.
- Pérez, E., Sulbaran, M., Ball, M. & Yarzabal, L. (2007). Isolation and characterization of mineral phosphate-solubilizing bacteria naturally

- colonizing a limonitic crust in the south-eastern Venezuelan region. *Soil. Biol. Biochem.*, 39(1), 2905–2914.
- Pérez, P. (2002). *Especies aromáticas y medicinales*. Buenos Aires, Argentina: Prohuerta - INTA.
- Porta, J. & López, A. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Porta, J., Reguerín, M., Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Barcelona, España: Mundi-Prensa Barcelona.
- Quintana, J., Blandón, J., Flores, A. & Mayorga, E. (1983). *Manual de fertilidad para los suelos de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca.
- Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares*. Costa Rica: IICA.
- Richards, L. (1964). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Rivera, P., Sierra, D. & Fonseca, F. (1999). *Manejo de plagas en hortalizas de clima frío*. Bogotá, Colombia: ICA.
- Rodríguez, H. & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion: Research review paper. *Biotechnology Advances*, 17(8), 319-339.
- Rodríguez, M. (2009). *Microorganismos eficientes (EM)*. Roma: FAO.
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma: FAO.

- Salazar, F. & Hirzel, J. (2011). Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos, *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 48 (1),13 - 26.
- Serrano, Z. (1977). *Cultivo de la espinaca*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura.
- Silva, M. (2019). *Microbiología general*. España: Omega.
- Sivila, R., & Angulo, W. (2006). *Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani - Altiplano Central boliviano)*. Revista Ecología en Bolivia, Vol. 41(3), 103-115. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282006001200008&script=sci_arttext
- Sivila, R., & Hervé, D. (1999). *Análisis de la microbiota en suelos cultivados del Altiplano Central*. Memorias Primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo, 5 – 14.
- Sivila de Cary, R., & Hervé, D. (1994). *El Estado Microbiológico del Suelo, Indicador de una Restauración de la Fertilidad*. Instituto de Ecología, UMSA, I. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, & ORSTOM (Edits.), *Dinámicas del Descanso de la Tierra en los Andes* (págs. 185-197). La Paz, Bolivia. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03_01/41709.pdf
- Sobrino, I. (1994). *Horticultura herbácea III*. Barcelona, España: Aedos.

- Stewart, W., Dibb, D., Johnston, A. & Smyth, T. (2005). The Contribution of Commercial Fertilizer Nutrients to Food Production. *Agronomy Journal*, 97(1), 1-15
- Stork, P. & Lyons, D. (2012). Phosphorus loss and speciation in overland flow from a plantation horticulture catchment and in an adjoining waterway in coastal Queensland, Australia. *Soil Research*, 50(6), 5-15.
- Sundara, P. (1971). Phosphate-dissolving bacteria in the rhizosphere of some cultivated legumes. *Plant and Soil*, 35(2), 127-132.
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura Orgánica: alternativa tecnológica del futuro*. Quito, Ecuador: *Planeta Azul*.
- Thurston, F. (1997). *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Tian, W., Wang, L., Li, Y., Zhuang, K., Li, G., Zhang, J., Xiao, X. & Xi, Y. (2015). Responses of microbial activity, abundance, and community in wheat soil after three years of heavy fertilization with manure-based compost and inorganic nitrogen. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 213(2), 219–227.
- Tiscornia, J. (1982). *Cultivo de hortalizas terrestres*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros.
- Torres, M., & Lizarazo, L. (2006). Evaluación de grupos funcionales (ciclo del C, N, P) y actividad de la fosfatasa ácida en dos suelos agrícolas del departamento de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 24(2), 317-325.

- Trinidad-Santos, A. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agro Productividad*, 9(8), 52-58.
- United States Department of Agriculture - USDA. (1999). *Soil Quality Test Kit Guide*. Washington D.C: USDA.
- Universidad Nacional Agraria de La Molina - UNALM. (2000). *Hortalizas: datos básicos*. La Molina, Perú: Programa hortalizas - UNALM.
- Valadez, A. (1998) *Producción de hortaliza*. México: Editorial Limusa S.A.
- Vega, G., Escandón, M., Soto, R. & Mendoza, A. (2012). *Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (Ocimum basilicum L.) en Cuba*. Cuba: FAO.
- Velastegui, R. (2005). *Alternativas ecológicas para el manejo integrado fitosanitario en los cultivos*. Quito, Ecuador: AgroExpress.
- Withers, P., Sylvester-Bradley, R., Jones, D., Healey, J. & Talboys, P. (2014). Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in the food chain. *Environmental Science & Technology*, 48(12), 6523–6530.
- Zavaleta, A. (1992). *Edafología: El suelo en relación con la Producción*. Perú: A & B S.A.
- Zuberer, D. (1998). *Biological dinitrogen fixation: introduction and nonsymbiotic in principles and applications of soil microbiology*. New Jersey, USA: Prentice Hall.