

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
MENCIÓN: AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**DOSIS DE *Nostoc sphaericum* (CUSHURO) Y MICORRIZAS ARBUSCULARES
SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE *Zea mays* EN
UN SUELO QUEMADO**

Tesis

**Para optar el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS,
MENCIÓN: AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR:
KEVIN ORTEGA PONTE**

**ASESORES:
JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS.
LLERMÉ NAVARRO VÁSQUEZ.**

**Tingo María – Perú
2025**



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 002-2025-UP-FA-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 10:30 a.m., del miércoles 07 de mayo de 2025, reunidos en la sala de audiovisuales de la Facultad de Agronomía, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“DOSIS DE *Nostoc sphaericum* (CUSHURO) Y MICORRIZAS ARBUSCULARES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE *Zea mays* EN UN SUELO QUEMADO”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, mención: Agricultura Sostenible, Ing. **KEVIN ORTEGA PONTE**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 1:02 p.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. JOSE WILFREDO ZAVALA SOLORZANO
Presidente del Jurado

.....
M. Sc. GIANNERANCO ESOÁVIL JUMP
Miembro del Jurado

.....
M. Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
Miembro del Jurado

.....
M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
Asesor

.....
M. Sc. LLERME NAVARRO VASQUEZ
Asesora



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 175 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Ciencias Agrícolas Mención: Agricultura Sostenible

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DOSIS DE <i>Nostoc sphaericum</i> (CUSHURO) Y MICORRIZAS ARBUSCULARES SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE <i>Zea mays</i> EN UN SUELO QUEMADO	KEVIN ORTEGA PONTE	15 % Quince

Tingo María, 06 de junio de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE
C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
MENCIÓN: AGRICULTURA SOSTENIBLE



DOSIS DE *Nostoc sphaericum* (CUSHURO) Y MICORRIZAS ARBUSCULARES
SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y EL RENDIMIENTO DE *Zea mays* EN
UN SUELO QUEMADO

Autor	: Ortega Ponte, Kevin
Asesores	: M.Sc. Chávez Matías, Jaime Josseph : M.Sc. Llermé Navarro Vásquez
Área de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea de investigación	: Fertilización, clasificación y biología y manejo de suelo
Eje temático	: Recuperación y manejo de suelos degradados y contaminados
Lugar de ejecución	: Huanganapampa – Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco
Duración del trabajo	: 8 meses
Financiamiento	: S/ 8 600,00 soles

Tingo María – Perú. 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTOR DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación
Unidad de Gestión de la Investigación

FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Escuela de Posgrado	: EPG-UNAS
Posgrado	: Maestría en Ciencias Agrícolas
Mención	: Agricultura Sostenible
Título de tesis	: Dosis de <i>Nostoc sphaericum</i> (Cushuro) y micorrizas arbusculares sobre las propiedades del suelo y el rendimiento de <i>zea mays</i> en un suelo quemado.
Objetivo General	: Determinar el efecto de la inoculación de distintas dosis de <i>N. sphaericum</i> y micorrizas arbusculares (Resid MG) sobre las propiedades del suelo y rendimiento de maíz en un suelo quemado.
Autor de la tesis	: Ortega Ponte, Kevin.
DNI	: 46228266
Correo electrónico	: kevin.ortega@unas.edu.pe
Asesores	: M.Sc. Chávez Matías, Jaime Josseph M.Sc. Llermé Navarro Vásquez.
Área de Investigación	: Suelos y fertilizantes.
Grupo de investigación	: Recuperación y Manejo de Suelos Degradados y Contaminados.
Línea de investigación	: Fertilidad, Clasificación, Biología y Manejo de Suelos.
Lugar de ejecución	: Huanganapampa – Castillo Grande - UNAS.
Fecha de inicio	: Febrero de 2024
Fecha de finalización	: Agosto de 2024
Presupuesto	: S/ 8 600,00 soles
Financiamiento	: Propio (x) FIF () Externo ()

Según: Resolución: N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

DEDICATORIA

A Dios

por estar siempre presente a través de las oraciones cuidando de los míos y de mí, por ser quien me sostiene en el día a día y no desfallecer en el logro de mis metas.

A mi madre,

Sofía Ponte Meneses, quien es la responsable de que Dios cuide mi camino mediante sus oraciones, por mostrarme el valor del sacrificio para alcanzar todo lo que nos proponemos en nuestras vidas y por cuidar de mí hasta ahora.

A mi familia

En especial a mis hermanas Amparo Ortega Ponte Juliana K. Ortega Ponte por su cariño y apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser mi alma mater y a todos los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.

- A mis asesores el M.Sc. Jaime Josseph Chávez Matías y M.Sc. Llermé Navarro Vázquez por sus enseñanzas, consejos y supervisión hasta culminación de este trabajo y por la revisión de la redacción técnica en base a las normas de redacción.

- A Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano en condición de presidente, por su apoyo en la ejecución, culminación y revisión académica del trabajo de investigación, en base a las normas de redacción.

- A los miembros del jurado de tesis el M.Sc. José Luis Adriazola Del Aguila e M.Sc. Gianfranco Egoavil Jump, por la revisión del trabajo y aportes en la mejora que fueron valiosos en el desarrollo y culminación del informe del presente trabajo de investigación.

INDICE

Página

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Degradación de suelos por incendios	3
2.1.1	Concepto general del suelo.....	3
2.1.2	Impacto del incendio sobre el ambiente	3
2.1.3	Efectos del fuego sobre el recurso suelo	4
2.2.	Cianobacterias.....	6
2.2.1	Concepto general	6
2.2.2	Características morfológicas	7
2.2.3	Fijación de nitrógeno	8
2.2.4	Cianobacterias como biofertilizantes	9
2.2.5.	<i>Nostoc sphaericum</i>	9
2.3.	Micorrizas	11
2.3.1	Generalidades	11
2.3.2	Mecanismo de colonización	11
2.3.3	Inoculante biológico RESID MG®	12
2.4.	Generalidades del maíz.....	13
2.4.1	Importancia del maíz en el Perú	13
2.4.2	Clasificación taxonómica	14
2.4.3.	Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de maíz	14
2.4.4	Híbrido ATLAS-777	15
2.5.	Antecedentes.....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1.	Lugar de ejecución.....	21
3.2.	Materiales y equipos	21
3.3.	Metodología.....	22
3.3.1	Antecedentes de la parcela experimental	22
3.3.2	Instalación de parcelas.....	23
3.3.3	Tratamientos en estudio.....	23
3.4.	Ejecución del experimento	27
3.4.1.	Muestreo de suelos	27

3.4.2.	Obtención y aplicación del de <i>N. sphaericum</i>	27
3.4.3.	Obtención y aplicación de <i>Glomus iranicum</i> (Resid MG®)	28
3.4.4.	Fertilización inorgánica	28
3.5.	Metodología de evaluación	28
3.5.1.	Evaluación del cultivo	28
3.5.2.	Biometría de la mazorca	29
3.5.3.	Rendimiento estimado	29
3.5.4.	Cálculo del rendimiento estimado (t/ha)	30
3.5.5.	Evaluación de las propiedades químicas de las hojas	30
3.5.6.	Evaluación de las propiedades del suelo	31
3.5.7.	Evaluación de otros parámetros químicos	31
3.5.8.	Fraccionamiento químico de la materia orgánica	33
3.5.9.	Propiedades biológicas del suelo	35
3.5.10.	Análisis de rentabilidad	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1.	Efecto de la inoculación de <i>N. Sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en la propiedad física (compactación del suelo)	37
4.2.	Efecto de la inoculación de <i>N. Sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en la densidad aparente y porcentaje de porosidad del suelo al final del experimento	40
4.2.1.	Densidad aparente en el suelo inicial y final	40
4.2.2.	Porcentaje de porosidad	42
4.3.	Efecto de la inoculación de <i>N. Sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en las propiedades químicas del suelo	46
4.3.1.	Análisis de suelos antes de la quema, después de la quema y al finalizar la investigación	46
4.3.2.	Materia orgánica	48
4.3.3.	pH	52
4.3.4.	Nitrógeno	54
4.3.5.	Fósforo	56
4.3.6.	Potasio (K)	58
4.3.7.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	61
4.3.8.	Saturación de aluminio	62

4.4. Efecto de la inoculación de <i>Nostoc sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en el fraccionamiento químico del suelo	64
4.5. Efecto de la inoculación de <i>N. sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en el contenido en el fraccionamiento físico del suelo.....	70
4.6. Efecto de la inoculación de <i>N. Sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en las propiedades biológicas del suelo	75
4.6.1. Índice de Shannon al inicio del experimento	75
4.6.2. Índice de Shannon al final del experimento	77
4.7. Efecto de los tratamientos en la biometría de la planta	79
4.7.1. Altura de la planta	79
4.7.2. Altura de la mazorca.....	82
4.7.3. Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos/hilera y peso de 100 granos	85
4.8. Efecto de la inoculación de <i>Nostoc Sphaericum</i> (cushuro) y micorrizas en las propiedades químicas del maíz.....	99
4.8.1. Análisis foliar	99
4.9. Análisis de rentabilidad	105
V. CONCLUSIONES	107
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	108
VII. REFERENCIAS	109
ANEXOS.....	118

INDICE DE TABLAS

Página

1.	Información nutricional del <i>N. sphaericum</i> deshidratado	11
2.	Relación de materiales, equipo, reactivos, e insumos utilizados en la investigación	22
3.	Descripción de los tratamientos empleados en la investigación	24
4.	Esquema del análisis de variancia.....	26
5.	Rangos de suficiencia de nutrientes en partes de plantas de maíz	31
6.	Características químicas del suelo	32
7.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a compactación (psi) inicial y final del suelo.....	37
8.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido la compactación del suelo	38
9.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a densidad aparente y al índice de porosidad	40
10.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a densidad aparente final.....	41
11.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a porcentaje de porosidad.....	43
12.	Análisis de suelo antes de la quema, después de la quema y al finalizar el experimento.....	47
13.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al análisis se suelo al final de experimento	50
14.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo potasio, CIC y saturación de aluminio en el suelo	50
15.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al contenido de ácido húmico, ácido fúlvico, humina, y stock de carbono al inicio y final del experimento	64
16.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina, y stock de carbono.....	66
17.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al carbono total (C_TOTAL (g/kg), carbono de la orgánica particulada (C_MOP (g/kg), carbono de la materia orgánica asociada a los minerales (C MOAM (g/kg) al final del experimento	73
18.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido al carbono total (g/kg), carbono de la materia orgánica particulada (g/kg), carbono orgánico de la materia orgánica asociada a los minerales (g/kg)	73
19.	Referido al análisis inicial de diversidad biológica (índice de Shannon)	76
20.	Referido al análisis final de diversidad biológica (índice de Shannon)	78
21.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$), referido a altura de planta y a la altura de mazorca	80
22.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a altura de la planta	81

23.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a altura de mazorca de la planta.....	83
24.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de 100 granos y t/Ha.	87
25.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de 100 granos y t/Ha.	87
26.	Análisis foliar al finalizar el experimento.....	101
27.	Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al análisis foliar	101
28.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referidos a materia orgánica, carbono, nitrógeno, fósforo y potasio foliar.....	104
29.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos estudiados.....	105
30.	Promedios de mediciones de biometría de la mazorca	119
31.	Promedios de la compactación inicial y final del suelo	120
32.	Promedios de densidad aparente y porcentaje de porosidad inicial y final del suelo ...	120
33.	Promedios de individuos capturados al iniciar el experimento.....	121
34.	Promedios de individuos capturados al finalizar el experimento	122
35.	Promedios de fraccionamiento químico iniciales y finales de contenidos de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina, carbono total y stock de carbono	123
36.	Promedios de fraccionamiento físico en el suelo inicial y final de carbono total, carbono de la materia orgánica particulada, carbono de la materia orgánica asociados a los minerales	124

INDICE DE FIGURAS

Página

1.	Las cianobacterias tienen formas celulares distintivas. a) Esférica, b) ovalada c) piriforme d) subesférica, e) cilíndrica f) ovoide (raro). g) filamentos celulares con forma de barril, de células con forma de barril, habituales en el orden	8
2.	Imagen satelital de la ubicación geográfica del área de investigación.....	21
3.	Croquis del área y unidad experimental.....	25
4.	Promedios de compactación inicial y final del suelo por tratamiento	39
5.	Promedios de densidad aparente inicial y final del suelo por tratamiento.....	42
6.	Promedios de porcentaje de porosidad inicial y final del suelo por tratamiento	44
7.	Promedios de materia orgánica sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento.....	51
8.	Promedios de pH sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento	54
9.	Promedios de nitrógeno sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento.....	56
10.	Promedios de fósforo sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento	58
11.	Promedios de potasio sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento	60
12.	Promedios de CIC sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento	62
13.	Promedios de saturación de aluminio sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento.....	64
14.	Promedios referidos al ácido húmico inicial y final.....	68
15.	Promedios referidos al ácido fúlvico inicial y final	69
16.	Promedios referidos a la humina inicial y final	69
17.	Promedios referidos al stock de carbono inicial y final	70
18.	Promedios referidos al carbono total inicial y final.	74
19.	Promedios referidos al carbono de la materia orgánica particulada	74
20.	Promedios referidos al stock de carbono de la materia orgánica asociada a los minerales inicial y final.....	75
21.	Promedios iniciales de índice de Shannon	77
22.	Promedios finales de índice de Shannon.....	79
23.	Promedios de altura de planta de maíz por tratamiento	82
24.	Promedios de altura de mazorca de maíz por tratamiento	85
25.	Promedios de longitud de mazorca de maíz por tratamiento	88
26.	Promedios de diámetro de mazorca de maíz por tratamiento	90

27.	Promedios de número de hileras por mazorca por tratamiento.....	92
28.	Promedios de número de hileras/mazorca por tratamiento	94
29.	Promedios de peso de 100 granos/mazorca por tratamiento.....	97
30.	Promedios de rendimiento de maíz en kg/ha por tratamiento.....	98
31.	Promedios referidos la utilidad y relación beneficio costo	106
32.	Resultados de análisis de caracterización de suelo antes de quemar y después de quemar la parcela experimental	125
33.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental.....	126
34.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental.....	127
35.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental.....	128
36.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental.....	129
37.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental al finalizar el experimento.....	130
38.	Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental al finalizar el experimento.....	131
39.	Resultados de análisis foliar del maíz al finalizar el experimental	132
40.	Resultados de análisis foliar del maíz al finalizar el experimental	133
41.	Toma de coordenadas con GPS de la parcela experimental	134
42.	Recolección de muestras de suelo para el análisis de caracterización.....	134
43.	Quemado de la parcela experimental	135
44.	Limpieza de los restos de árboles después de la quema.....	135
45.	Recolección de las muestras de suelos por parcela experimental después de la quema	135
46.	Siembra de la planta de maíz híbrido ATLAS 777	136
47.	Recolección de las muestras para el análisis de densidad aparente y porcentaje de porosidad.....	136
48.	Aplicación de los tratamientos	137
49.	Aporque de las plantas de maíz híbrido ATLAS 777	137
50.	Medición de la compactación de las unidades experimentales.....	137
51.	Medición de la altura de la panta y altura de mazorca.....	138

52.	Recolección de muestras de hoja por unidad experimental para el análisis foliar.....	138
53.	Recolección de muestras de suelo por unidad experimental para el análisis de suelo	138
54.	Recolección de individuos para el análisis de diversidad	139
55.	Muestras de mazorcas de maíz por unidad experimental.....	139
56.	Peso de 100 semillas y peso de mazorcas de maíz por unidad experimental	139
57.	Pesado de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico.....	140
58.	Agitación de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico.....	140
59.	Centrifugación de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico.....	140
60.	Separación del extracto alcalino de la humina después de la centrifugación	141
61.	Recolección del extracto alcalino de las muestras centrifugadas.....	141
62.	Lectura de muestras en el espectrofotómetro	141
63.	Muestras de la fracción de ácidos fúlvicos	142
64.	Visita a la tesis del presidente del jurado	142

RESUMEN

Se verificó el efecto de la inoculación de distintas dosis de *N. sphaericum* (Cushuro) y micorrizas arbusculares (Resid MG- *G. iranicum*) sobre las propiedades del suelo y rendimiento de maíz en un suelo con quema, a partir de un DBCA perteneciente a tres dosis con Cushuro [T₁ (100 g de *N. sphaericum*), T₂ (200 g de *N. sphaericum*) y T₃ (400 g de *N. sphaericum*)], tres dosis de Cushuro + fertilizante inorgánico [T₄ (100 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK), T₅ (200 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK) y T₆ (400 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK)], tres dosis de micorrizas arbusculares [T₇ 5,00 g de Resid MG, T₈ 10,00 g de Resid MG, T₉ 15,00 g de Resid MG], tres dosis de micorrizas arbusculares + fertilizante inorgánico [T₁₀ 5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK, T₁₁ 10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK, T₁₂ 15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK], un testigo con fertilización inorgánica [T₁₃ Fertilización NPK] y un testigo absoluto [T₁₄ sin fertilización]. Las mejores dosis de Cushuro (T₂, T₆ y T₃), teniendo mayor presencia de *A. cephalotes*, con relación a otros invertebrados bajo el orden T₃> T₆> T₁. Mejores dosis de Resid MG (T₇ y T₁₂), teniendo bajo % diversidad biológica en relación Cushuro. Se concluye que la inoculación de las diferentes dosis de Cushuro y Resid MG presentó efectos significativos sobre los parámetros estudiados con relación al testigo, habiendo mejor relación beneficio costo en T₁ y T₇.

Palabras clave: Cianobacterias fotosintéticas, *Glomus iranicum*, fertilización, ácido húmico, ácido fúlvico, humina.

ABSTRACT

The effect of inoculation of different doses of *N. sphaericum* (Cushuro) and arbuscular mycorrhizae (Resid MG- *G. iranicum*) on soil properties and corn yield in a burned soil was verified, from a DBCA belonging to three doses with Cushuro [T₁ (100 g de *N. sphaericum*), T₂ (200 g de *N. sphaericum*), T₃ (400 g de *N. sphaericum*)], three doses of *N. sphaericum* + inorganic fertilizer [T₄ (100 g de *N. sphaericum* + NPK Fertilization), T₅ (200 g de *N. sphaericum* + NPK Fertilization), T₆ (400 g de *N. sphaericum* + NPK Fertilization)], three doses of arbuscular mycorrhizae [T₇ 5,00 g de Resid MG , T₈ 10,00 g de Resid MG, T₉ 15,00 g de Resid MG], three doses of arbuscular mycorrhizae + inorganic fertilizer [T₁₀ 5,00 g de Resid MG + NPK Fertilization, T₁₁ 10,00 g de Resid MG + NPK Fertilization, T₁₂ 15,00 g de Resid MG + NPK Fertilization], a control with inorganic fertilization [T₁₃ NPK Fertilization] and an absolute control [T₁₄ without fertilization]. The best doses of Cushuro (T₂, T₆ and T₃), having a higher presence of A. cephalotes, in relation to other invertebrates under the order T₃> T₆> T₁. Best doses of Resid MG (T₇ and T₁₂), having a low % biological diversity in relation to Cushuro. It is concluded that the inoculation of the different doses of Cushuro and Resid MG presented significant effects on the parameters studied in relation to the control, having a better benefit-cost ratio in T₁ and T₇.

Palabras clave: fertilization, fulvic acid, *Glomus iranicum*, humin, humic acid, photosynthetic cyanobacteria

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la producción de *Z. mays* (Maíz amarillo duro) tiene importancia económica y social para miles de productores peruanos. Sin embargo, la productividad en Perú es dispareja en sus regiones debido a la tecnología que utilizan, selección de semilla, etc, o factores como el clima, suelo o el acceso a agua, juegan un rol sobre la productividad (Cillóniz, 2020); por eso, una región con baja productividad es Huánuco, que se ve condicionado por su topografía, clima y suelo; además, por la baja tecnología que utilizan para producir maíz (García, 2020). Además, los productores de maíz antes de la siembra, con el objetivo de reducir los costos de mano de obra e insumos como herbicidas, suelen realizar la práctica de la “roza”, que consiste en quemar vegetación de forma controlada de un área determinada para producir maíz (Deras, 2012), y cuya práctica se suele hacer de 2 a 3 veces/año en la misma área de producción.

Pero esta práctica de rozo es muy perjudicial porque el fuego altera las características fisicoquímicas y biológicas, debido a la repetición se degrada la estructura del suelo (Guerrero et al. 2007), reduciendo la fertilidad del suelo y más en zonas con precipitaciones altas, porque hay lavado y arrastre de cationes causados por las intensas precipitaciones y con reducción del pH del suelo (Afif y Oliveira, 2006; Rosero y Osorio, 2013). No únicamente desde una perspectiva química hay una alteración negativa por efecto del fuego; también hay modificación en las propiedades físicas como infiltración, densidad, etc. o pérdida de población de la mesofauna edáfica, por ejemplo. En síntesis, la quema de cierta área para producir maíz en Tingo María perjudicaría significativamente propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Encima, a eso se suma que, para obtener rendimientos altos, se fertilizaría con fuentes inorgánicas de macroelementos, sumado a esto, no se aplica ni una fuente que permita ayudar en recuperar las propiedades del suelo, por lo que el problema se agrava y se convierte en un problema ambiental.

Por eso y es normal buscar alternativas como los abonos orgánicos y otras fuentes, como la inoculación de cianobacterias como *N. sphaericum* (Cushuro), que se caracteriza especialmente de tener células heterocistos que fijan el nitrógeno atmosférico y aumentan la disponibilidad de este elemento en el suelo (Oliva, 2023); además, que suele adaptarse a diferentes ambientes y por tal motivo, diferentes investigaciones han determinado que se puede utilizar como un biorremediador de suelos contaminados o degradados (Aguilar y Anchayhua, 2019; Chambi, 2022; Lazo, 2018; Oliva, 2023). Por otro lado, también existe alternativas como la inoculación de hongos especializados que hacen simbiosis con las raíces de las plantas como son las micorrizas arbusculares (Bainard et al. 2011; Wang y Chen, 2009), que después de un incendio, las micorrizas pueden ayudar a las plantas a superar esta dificultad, mejorando su

capacidad para acceder a recursos en el suelo (Parada et al. 2016), pueden contribuir a la formación de agregados del suelo y la retención de humedad, esencial para la regeneración de la vegetación y la protección contra la erosión (Bainard et al., 2011; Bonfante y Genre, 2008).

En base al problema que existe por las constantes quemadas para producir maíz y porque su producción demanda varios elementos, pero principalmente nitrógeno (N); es posible que la solución para este problema sea la inoculación de *N. sphaericum* o micorrizas arbusculares (Resid MG) en estos suelos quemados debido a posibles razones: a) Al inocular esta cianobacteria u hongo, tendrá la capacidad de ayudar en la recuperación de las propiedades del suelo quemado, b) Serán favorables en la nutrición de las plantas de maíz, principalmente al generar disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Por eso, una de las justificaciones en esta investigación, es la evaluación de diferentes dosis de *N. sphaericum* y micorrizas arbusculares (Resid MG) a partir de la inoculación en un suelo quemado con los fines de recuperación de las propiedades del suelo y su efecto sobre la producción de maíz híbrido simple ATLAS 777. Además, es importante mencionar, que no se ha encontrado evidencia empírica o científica sobre la aplicación de estas dosis y razón por el cual, se evaluarán estas dosis. Finalmente, la hipótesis general es; que por lo menos una dosis de *N. sphaericum* o micorrizas arbusculares (Resid MG) al ser inoculado en un suelo quemado, influya en la recuperación de las propiedades del suelo y producción del maíz. Por lo tanto, los objetivos de estudio son descritos a continuación:

Objetivo general:

Determinar el efecto de la inoculación de distintas dosis de *N. sphaericum* y micorrizas arbusculares (Resid MG) sobre las propiedades del suelo y rendimiento de maíz en un suelo quemado.

Objetivos específicos:

- Determinar la mejor dosis de *N. sphaericum* en base a su efecto sobre la recuperación de las propiedades fisicoquímicas, biológicas, fraccionamiento fisicoquímico, biometría, análisis foliar y en el rendimiento de maíz de un suelo quemado.
- Determinar la mejor dosis de micorrizas arbusculares (Resid MG) en base a su efecto sobre la recuperación de las propiedades fisicoquímicas, biológicas, fraccionamiento fisicoquímico, biometría, análisis foliar y en el rendimiento de maíz de un suelo quemado.
- Realizar un análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Degradación de suelos por incendios

2.1.1 Concepto general del suelo

La caracterización del suelo ha experimentado diversas variaciones, dependiendo de quién intenta hacerla y del período en el que la realiza. Desde la perspectiva del agricultor, el suelo es el lugar donde se pueden plantar sus semillas y cosechar sus frutos. Para un geólogo, es la capa terrosa presente en un cuerpo de roca. Para un especialista en ecología, es uno de los elementos del ecosistema que analiza, etc. Frente a la diversidad de acepciones empleadas para un mismo concepto, surgió la idea de: a) Pedología, donde se percibe el suelo como un organismo natural cuyas características son relevantes para determinar su procedencia y categorización, independientemente de sus posibles usos, b) Edafología, donde el suelo se considera el soporte para las plantas, es decir, se analiza desde una perspectiva estrictamente práctica, enfocada en conseguir los rendimientos agropecuarios óptimos posibles. Finalmente, a causa del impacto ambiental, la sostenibilidad y la sistémica, el suelo se define como esa fina capa, de unos centímetros a varios metros de espesor de material terroso no consolidado que se genera en la interfaz entre la atmósfera, biosfera. y litosfera. En esto se entrelazan componentes de la atmósfera e hidrosfera (Aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (Rocas, sedimentos) y de la biosfera, realizándose cambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, generándose una gran complejidad (Jaramillo, 2002).

2.1.2 Impacto del incendio sobre el ambiente

El fuego es un suceso o alteraciones que ha estado presente en nuestro planeta desde la existencia de vegetación en la Tierra y una atmósfera abundante en oxígeno (Carbonífero). Es innegable que el fuego es un elemento ecológico natural que ha aportado a la formación de nuestros ecosistemas. Sin embargo, también es verdad que ciertos incendios forestales en el presente representan un factor de degradación de gran envergadura (Guerrero et al. 2007). Según la Oficina de Asistencia para Desastres en América Latina y el Caribe (USAID), los incendios forestales o agrícolas son fuegos en bosques naturales o plantaciones originados por el ser humano o provocados por la naturaleza, que se propagan sin ningún control provocando perjuicios ecológicos, climáticos, económicos y sociales. Este tipo de emergencias provocan daños medioambientales de difícil cuantificación, que se agravan con las costumbres culturales incorrectas que se han heredado de generación en generación. Como, por ejemplo, con la ejecución de llamadas quemadas controladas, que pueden perder rápidamente su control y desencadenar un incendio forestal (Afif y Oliveira, 2006). Los incendios provocan impactos

en el recurso terrestre que variarán dependiendo de la intensidad del calentamiento. En un fuego intenso, dentro de la masa en ignición, se pueden llegar a temperaturas de 1 200 a 1 400 °C; en la superficie del suelo, pueden alcanzarse temperaturas de 1 000 a 1 400 °C en incendios de bosques de coníferas, de 500 a 700 °C en incendios de matorrales y de 200 °C en incendios de pastizales. En cualquier caso, se refiere a temperaturas lo suficientemente elevadas para alterar las características del terreno (Rosero y Osorio, 2013).

2.1.3 Efectos del fuego sobre el recurso suelo

El impacto del fuego en el terreno altera las características fisicoquímicas y biológicas, dependiendo de su intensidad y duración. Una reiteración de incendios deteriora la estructura del suelo, aumenta la erosión y reduce la fertilidad, conduciendo a los suelos a un grado significativo de pobreza nutritiva. El pH del terreno es una de las características químicas que resultan directamente impactadas después del paso del fuego (Guerrero et al. 2007). Su valor se eleva a causa de las cenizas derivadas del fuego, que poseen un alto contenido de carbonato potásico (CO_3K_2), que, al provenir de un ácido débil y una base sólida, experimenta una reacción básica al ser hidrolizado, lo que resulta en un aumento del pH. Sin embargo, cuando los impactos del lavado y arrastre de cationes por las precipitaciones son extremadamente fuertes, a los aumentos iniciales de pH después del fuego pueden seguir notables disminuciones que llegan a niveles inferiores a los registrados antes del incendio o la quema (Afif y Oliveira, 2006; Rosero y Osorio, 2013).

Respecto a la materia orgánica (M.O.) del suelo, se percibe como un elemento estabilizador de su estructura, dado que contribuye a preservar la unión de las partículas minerales ante fuerzas desestabilizadoras, como el calentamiento y el impacto de las gotas de lluvia. Es posible afirmar que el fuego provoca una reducción de los niveles iniciales de materia orgánica cuando las temperaturas alcanzan los 450 °C y se consigue su combustión; no obstante, en casos de incendios de baja intensidad puede producirse un efecto opuesto debido a la acumulación en el suelo del combustible forestal en forma de cenizas (Shepherd et al. 2001). Sin embargo, el fuego no solo altera la cantidad de M.O. sino que también modifica su calidad, ya que acelera las tasas de mineralización del carbono (C) orgánico y además altera las tasas de disgregación posterior al incendio. Esto ocurre porque a medida que la temperatura se eleva, el humus experimenta alteraciones, lo que lo hace más resistente a la degeneración microbiana (Forbes et al., 2006).

Cuando el fuego daña una porción de la M.O. y elimina de manera temporal la vegetación, provoca un impacto en su estabilidad estructural. Esto se debe a que

se deterioran los agregados, que serán destruidos más adelante por el efecto de las gotas de lluvia. Al romperse la estructura del suelo, se reduce su habilidad para absorber agua, lo que provoca un incremento en la escorrentía superficial y la emergencia de procesos erosivos (Shepherd et al., 2001).

La porosidad es una de las características físicas que se ven impactadas. El espacio generado por los poros regula el desplazamiento del agua y del aire en el terreno, y se debe mantener un equilibrio entre los macroporos (superiores a 0,6 mm) y los microporos (inferiores a 0,6 mm). Este equilibrio en la dimensión de los poros facilita que el suelo transporte rápidamente tanto el agua como el aire (mediante los macroporos) y conserve el agua mediante la capilaridad (en los microporos). El impacto del fuego en el suelo puede deteriorar su estructura y tener un impacto principal en los macroporos, que son particularmente esenciales para las rutas de infiltración del agua y su filtración descendente a través del perfil del suelo. Esto provoca un incremento en la escorrentía superficial, lo que provoca ciertos procesos de erosión del agua (Beyers et al., 2005).

Dado que la vegetación se extingue debido al fuego, el terreno se vuelve vulnerable y se produce una alteración en la textura que repercute directamente en su estabilidad estructural. Asimismo, se produce una alteración en la hidrología superficial debido a la reducción de la capacidad de infiltración en los primeros centímetros del suelo, lo que resulta en un incremento de la escorrentía. Estos fenómenos no son autónomos; la menor cantidad de vegetación potencia el impacto de las gotas de agua, y deja espacio libre para la acción del viento. La ausencia de vegetación incrementa la rapidez del agua derivada de las precipitaciones superficiales, lo que resulta en un problema en la infiltración, dado que el agua se desplaza de manera excesivamente veloz por la superficie del terreno. El desenlace último es un incremento en la escorrentía y, con ella, la erosión del material que se ha movido por salpicadura. Por otro lado, la velocidad elevada del agua provoca surcos, lo que aumenta la velocidad y la fuerza de arrastre (Rosero y Osorio, 2013).

Los elementos que conforman la textura del suelo (Arena, limo y arcilla) tienen elevados límites de temperatura y usualmente no son impactados por el fuego, a menos que se exponen a temperaturas elevadas en la superficie del suelo (Horizonte A). La parte más susceptible de la textura es la arcilla, que empieza a cambiar con temperaturas cercanas a los 400°C, alcanzando una destrucción total con temperaturas que oscilan entre 700 y 800 °C. Para causar impactos en la arena o el limo, se necesitarían temperaturas que superen los 1 414 °C, circunstancias que a menudo se encuentran (Beyers et al. 2005). En cuanto al efecto que ejerce el fuego sobre las propiedades biológicas del suelo, los autores Verma y Jayakumar (2012),

señalan que el fuego incide en los seres biológicos, de manera directa o indirecta. Los efectos directos provocan alteraciones a corto plazo, lo que significa que un organismo específico se expone al fuego y gases calientes por lo que queda atrapado en el suelo. En este lugar, el calor es suficiente para ser transmitido de manera instantánea al organismo, incrementando su temperatura y provocando su muerte o daño grave. Los efectos indirectos suelen provocar alteraciones a largo plazo en el entorno que pueden modificar el bienestar de los seres biológico; estos efectos indirectos pueden conllevar la competencia por el hábitat, la nutrición y otras modificaciones más delicadas que inciden en el restablecimiento y la reproducción de las plantas y animales. Las repercusiones en las características biológicas del terreno dependen de la reacción de los microorganismos y los invertebrados a las temperaturas elevadas. El fuego disminuye la cantidad y abundancia de especies que residen en el suelo (invertebrados y microorganismos), siendo los invertebrados menos impactados debido a su elevada movilidad y la costumbre de edificar madrigueras.

Por los incendios, Vega et al. (2000) encuentran que los nutrientes totales de la cubierta orgánica del suelo se reducen para el nitrógeno hasta en un 30 %, y para los demás elementos hasta en un 50 %, además, que los nutrientes totales se mineralizan instantáneamente, lixiviados y afectados por escorrentía, y una porción es adsorbida por el complejo de intercambio y por las raíces del sotobosque y arbolado. Para estos autores, los contenidos de materia orgánica y las relaciones C-N son poco afectados, pero el N total presenta reducción y el pH se incrementa. Además, sostienen que los nutrientes totales de la capa orgánica del suelo disminuyen hasta un 30 % para el N y hasta un 50 % para los demás elementos. Además, estos nutrientes se mineralizan de inmediato, lixiviados y afectados por la escorrentía. Una porción es adsorbida por el complejo de intercambio y por las raíces del bosque y arbolado. Según estos autores, aunque los niveles de M.O. y las relaciones entre C y N son escasamente impactados, el N total experimenta una disminución y el pH se eleva. Además, se encuentran aumentos en Potasio (K), Magnesio (Mg), Calcio (Ca) intercambiables y Fosforo (P) disponibles, que se atribuyen a la contribución de ceniza al terreno. Además, al examinar el humus, no se observan cambios relevantes, pero su grosor se reduce. Respecto a la composición de las arcillas, su textura cambia y se incrementan los procesos de lixiviación y escorrentía.

2.2. Cianobacterias

2.2.1 Concepto general

Son procariotas que poseen una extensa variedad morfológica, incluyendo formas unicelulares, filamentosas y coloniales. Generalmente se encuentran en entornos

dulceacuículas, terrestres y marinos; Sin embargo, existen especies que pueden desarrollarse en entornos alcalinos y ácidos (Brenes, 2017). Son seres vivos que tienen la habilidad de producir fotosíntesis oxigénica (Emisión de O₂), sintetizar clorofila y tener al menos una ficobiliproteína. Realizan la síntesis de glucógeno para su almacenamiento, y muestran paredes celulares enriquecidas con azúcares y aminoácidos. Estos microorganismos representan el conjunto más extenso y antiguo de los organismos fotosintéticos oxigénicos procariotas, lo que se puede inferir de su extensa distribución, excepto en ambientes con niveles de pH reducidos. Las cianobacterias poseen una excelente adaptación tanto ecológica como fisiológica al ambiente en el que se desarrollan (Chambi, 2022).

Dentro de los beneficios ecológicos se encuentra la capacidad de resistir altas temperaturas durante su crecimiento, ciertas especies son capaces de soportar altos niveles de radiación ultravioleta, se ajustan a niveles reducidos de intensidad luminosa, muestran tolerancia a la desecación y humedad, algunas cianobacterias poseen la habilidad de acumular nitrógeno molecular, y ciertas especies poseen la habilidad de generar vacuolas de gas para incrementar Las cianobacterias representan los microorganismos iniciales en terrenos áridos y diversas especies tienen la habilidad de sobrevivir en otros hábitats terrestres. Numerosas especies acuáticas también tienen la habilidad de tolerar niveles relativamente elevados de cloruro de sodio. Son residentes de fuentes termales, ríos montañosos, nieve y hielo (Chambi, 2022).

Las cianobacterias son microorganismos que se pueden encontrar en cualquier entorno, ya sea en agua o en tierra, contribuyendo a la acumulación de humus a través de cuatro vías fundamentales: a) Conservan la unión de las partículas del suelo, previniendo la erosión. Esto se consigue a través de una envoltura gelatinosa (mucílago) y de su patrón de crecimiento, que genera una estrecha red que rodea estas partículas. b) Contribuyen a mantener el suelo húmedo. c) Forman se incluye en el grupo reducido de microorganismos que atraen nitrógeno (MFN) en el terreno. Brindan a las plantas compuestos que funcionan como impulsores del crecimiento, como las citoquininas. d) Las cianobacterias son seres fijadores de N capaces de producir su propio fotosintato esto las hace atractivas para ser usadas como biofertilizante (Brenes, 2017; Irisarri et al., 2008).

2.2.2 Características morfológicas

Las cianobacterias tienen un diámetro que oscila entre 0,50 µm y 50 a 100 µm, y sus colonias son de forma esférica o cilíndrica (Figura 1). La mayor parte de las células de la cianobacterias se encuentran envueltas por una capa de exopolisacáridos con una

definición más o menos precisa. La membrana celular es característica de las bacterias Gram negativas, sin embargo, puede tener una capa de peptidoglicano de gran espesor (Hasta 200 nm), perforada por una serie de poros de diversos tamaños, lo que facilita el contacto entre la membrana citoplasmática y el lipopolisacárido de la membrana externa. El equipo fotosintético se encuentra en membranas intracelulares conocidas como tilacoides. Las ficobiliproteínas, que son pigmentos accesorios, se encuentran en estructuras conocidas como ficobilisomas, vinculadas a la superficie citoplasmática de los tilacoides. Se caracterizan por tener masas intracelulares reducidas de diversos compuestos, como el glucógeno, las polifosfatos y los polihidroxicanoatos. Poseen un polímero conocido como cianoficina que funciona como almacén de nitrógeno en las cianobacterias. Disponen de vesículas gaseosas con formas cilíndricas proteicas repletas de aire, características que se encuentran en numerosas especies de cianobacterias, las cuales proporcionan flotabilidad (Brenes, 2017; Chambi, 2012).

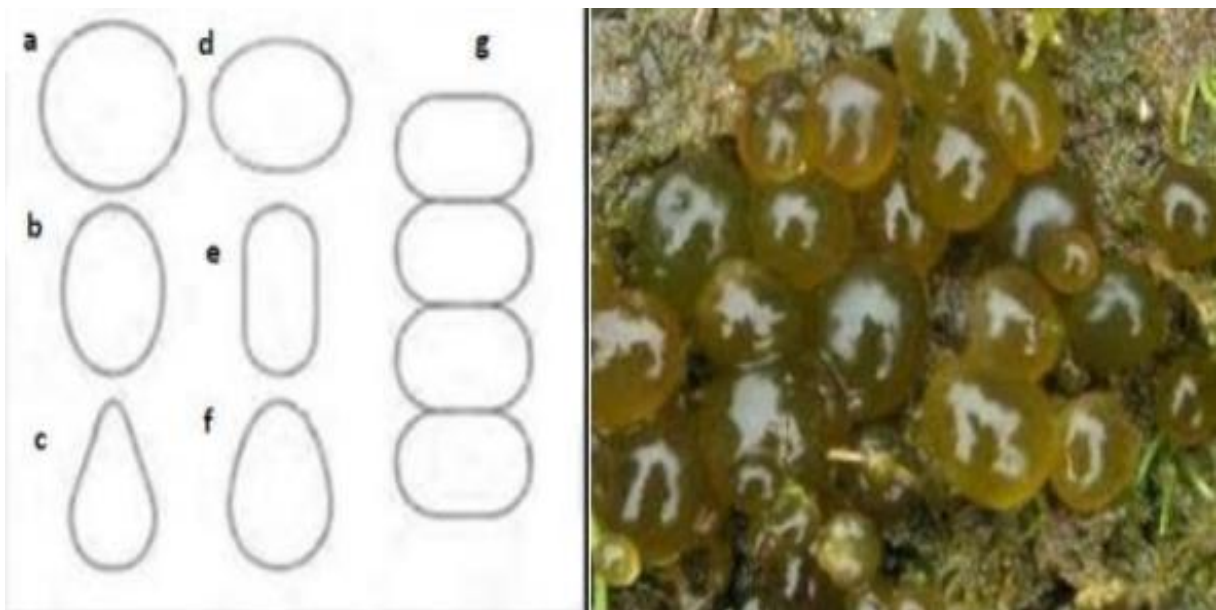


Figura 1. Las cianobacterias tienen formas celulares distintivas. a) Esférica, b) ovalada c) piriforme d) subesférica, e) cilíndrica f) ovoide (raro). g) filamentos celulares con forma de barril, de células con forma de barril, habituales en el orden

2.2.3 Fijación de nitrógeno

Las cianobacterias poseen la habilidad de absorber el N presente en el aire, un gas altamente fructuoso, y transformarlo en amonio (NH_4^+), una forma de N que numerosas células pueden utilizar. La nitrogenasa es la enzima que produce la concentración de N, que se encuentra restringida por el oxígeno. Este proceso se diferencia de la fotosíntesis, pues se ha

observado en varias cianobacterias que ambos procesos se agrupan temporalmente, generándose la fotosíntesis durante el horario luminoso y la fijación de N solo en condiciones de oscuridad. Algunas especies tienen la capacidad de solucionar el problema mediante los heterocistos, que son células de gran tamaño y con una pared reforzada con celulosa, que necesitan de la fijación de N. En los heterocistos no se encuentra un fotosistema, por lo que no se produce separación de oxígeno y la nitrógenoasa puede funcionar sin problemas (Irisarri et al., 2008; Martínez, 2014).

2.2.4 Cianobacterias como biofertilizantes

La inoculación con cianobacterias ha demostrado beneficios en cultivos como cebada, avena, tomate, rábano, algodón, caña de azúcar, maíz y lechuga. Numerosos escritores atribuyen la fertilidad inherente de los arrozales a la acción de las cianobacterias que fijan N. Muchas cianobacterias habitan en esos entornos y su función en la fertilidad ha sido ampliamente documentada (Martínez, 2014). Las cianobacterias tienen un papel agronómico como estimulantes de la germinación, permiten una producción más elevada, un mayor contenido de clorofila y una mayor capacidad fotosintética, y tienen una mayor asimilación de nutrientes (Lazo, 2018).

2.2.5. *Nostoc sphaericum*

a. Definición

Es un alga que exhibe células vegetativas esféricas de forma cilíndrica, discoidales organizadas en filamentos simples y flexibles. Presentan la apariencia de masas gelatinosas globulosas de tonalidad verde azulado a amarillo violáceo y macroscópicas, ya que pueden llegar a 1 a 5 cm. En la región altoandina del Perú, se le denomina como "Cushuro", "Murmunta", "Llullucha", "Crespito", entre otros (Bazauri, 2022). El *Nostoc* se compone de grupos de cianobacterias de tonalidad verde azulada, verde oliva o marrón. El verde proviene de su contenido de clorofila, mientras que el azul proviene de una sustancia llamada ficocianina, que está vinculada con la fotosíntesis. Algunos incluyen ficoeritrina, un pigmento de color rojo, que al combinarse con otros producen el tono marrón. Estas colonias de bacterias tienen la capacidad de capturar el N presente en el aire y almacenarlo en sus células, lo que justifica su relevancia en la agricultura como fertilizante natural. Son capaces de resistir la radiación ultravioleta, lo que promueve su proceso de fotosíntesis. Pueden permanecer inmóviles durante años, hasta que las precipitaciones las rehidratan gracias a las lluvias (Chambi, 2022; Lazo, 2018).

b. Taxonomía

El Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS, 2023), lo clasifica de la siguiente forma:

- Reino : Bacteria.
- Subreino : Negibacterias.
- Filo : Cianobacteria.
- Clase : Cianofíceas.
- Orden : Nostocales.
- Familia : Nostocaceae.
- Género : *Nostoc*.
- Especies : *N. sphaericum*.
- Nombre común : “cushuro”, “uvas de los ríos”, etc.

c. Hábitat

Normalmente habitan en entornos extremos, con temperaturas por debajo del cero, pensadas en altitudes superiores a los 3 000 m.s.n.m, llegando a alcanzar los 5 000 m.s.n.m; son resistentes a los rayos ultravioleta, lo que promueve su proceso de fotosíntesis. Es posible que sigan estando deshidratadas hasta que las precipitaciones las rehidraten. En la Cordillera Andina, los múltiples depósitos incluyen lagos, arroyos, manantiales y diversos entornos acuáticos. Es habitual observar colonias de consistencia gelatinosa de forma esférica, lobular o laminar, globosas o laminares de tonalidad verde azulada, estas son algas de color verde azulado (Bazauri, 2022). Además, habitan en aguas de baja profundidad, en áreas con pastos inundados, y bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura, se desarrollan en montículos de tierra y piedra, haciéndose perceptibles por su masa gelatinosa de tonalidad azulada. La temperatura ideal para el crecimiento de *N. sphaericum* oscila entre los 15 y 25 °C, aunque habitualmente demuestra una gran capacidad de adaptación a una extensa variedad de temperaturas (Lazo, 2018; Martínez, 2014).

d. Reproducción

N. sphaericum se reproduce mediante acinetos y/o heterocistos, que son hormosporas. El nivel celular de las cianobacterias está compuesto por los heterocistos, que tienen la tarea de acumular N atmosférico; los acinetos, que son células de resistencia y reproducción; y los hormogonios, que son diminutos fragmentos de tricoma que surgen de la muerte de células (Necridios o discos de separación) dentro del tricoma, y que una vez liberados, se expanden y producen nuevos organismos. Las cianobacterias experimentan una

reproducción asexual, puede ser a través de fisión binaria (se divide en dos), fragmentación de colonias, endosporas (baecitos) o hormogonios (Bazauri, 2022; Martínez, 2014).

e. Composición y propiedades nutricionales

N. sphaericum por cada 100 g de producto desecado presenta la siguiente composición química y/o nutricional (Lazo, 2018; Martínez, 2014); mayores detalles se verifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Información nutricional del *N. sphaericum* deshidratado

Componentes	Cantidad
Energía total (Kcal)	242,00
Agua (g)	15,10
Proteína	29,00
Grasa total (g)	0,50
Carbohidratos (g)	46,90
Cenizas (g)	8,50
Calcio (mg)	147,00
Fósforo (mg)	64,00
Hierro (mg)	83,60
Tiamina (mg)	0,20
Riboflavina (mg)	0,41

Fuente: Lazo (2018), Martínez (2014).

2.3. Micorrizas

2.3.1 Generalidades

Uno de los tipos más comunes de relación simbiótica entre hongos y raíces en la naturaleza podría ser la conocida como endomicorriza o micorriza arbuscular. Esta forma de simbiosis es establecida por ciertos zigomicetos, que se caracterizan por no formar la red de Hartig y ocupan la corteza de la raíz por estructuras especializadas conocidas como arbusculos (Bainard et al. 2011; Wang y Chen, 2009). Estos arbusculos intercambian de nutrientes entre las células vegetales y el hongo. Algunos géneros de estos hongos también generan otro tipo de estructuras llamadas vesículas, las cuales están principalmente compuestas de lípidos. Estas vesículas se encuentran ubicadas en la corteza de la raíz en espacios intercelulares y funcionan como depósitos de nutrientes para el hongo. Inicialmente, debido a la presencia de arbusculos como de vesículas, se denominó a esta simbiosis como vesículo-arbuscular. Pero es importante notar que no todas las especies de hongos desarrollan vesículas. Por lo tanto, hoy esta asociación se reconoce como micorriza arbuscular (Aguilera et al., 2007; Bonfante y Genre, 2008).

2.3.2 Mecanismo de colonización

Las esporas pueden ser los agentes propagadores de los hongos endomicorrízicos, dado que las raíces vegetales también pueden ser infectadas por fragmentos

de micelio activo que se ramifican para comenzar la infección. Para las micorrizas arbusculares, el sistema micelial se divide en dos etapas: un micelio interno que se forma en la corteza de la raíz de la planta y un micelio externo que se propaga en el suelo, su tamaño y volumen pueden variar. Las esporas tienen la capacidad de propagar los hongos endomicorrízicos, ya que las raíces de las plantas también pueden ser infectadas por fragmentos de micelio activo que se propagan para provocar la infección. En el caso de las micorrizas arbusculares, el proceso micelial se segmenta en dos fases: un micelio interno que se desarrolla en la corteza de la raíz de la planta y un micelio externo que se dispersa en el suelo. Su tamaño y volumen pueden fluctuar (Aguilera et al. 2007). La etapa de colonización y formación de la simbiosis se inicia con la germinación de esporas resistentes en el terreno cuando se presentan las condiciones de temperatura y humedad apropiadas, o a través de la formación de hifas a partir de unidades de propagación del suelo próximos al sistema radical adecuado (Wang y Chen, 2009).

Una vez que la hifa ha penetrado la raíz, generalmente entre las células epidérmicas, se expande también intercelularmente a lo largo de la corteza y llega a la segunda capa de células corticales. La colonización se vuelve intracelular cuando la hifa descompone la pared celular de la célula y se invagina la membrana para ramificarse en múltiples ocasiones, dando lugar a una estructura similar a un arbusto conocida como arbusculo, que se forma dentro de la célula. Este es el sitio donde ocurre el intercambio de nutrientes entre los dos simbioses (Bonfante y Genre, 2008).

Cuando la hifa se ha introducido en la raíz, entre las células de la epidérmis, también se expande de manera intercelular a través de la corteza hasta alcanzar la segunda capa de las células corticales. La colonización se transforma en intracelular cuando la hifa degrada la pared celular de la célula y se invagina en la membrana para formar múltiples ramificaciones, resultando en una estructura parecida a un arbusto llamado arbusculo, que se desarrolla dentro de la célula. Este es el lugar en el que sucede la transferencia de nutrientes entre ambos simbioses (Bainard et al., 2011).

2.3.3 Inoculante biológico RESID MG®

En base a los criterios de Symborg (2023), se describe teóricamente a Resid MG de la siguiente manera:

a. Características

Se trata de un producto biológico de presentación microgranulada, creado específicamente para su uso con sistemas de microgranulados en las plantaciones de cereales y grano. Resid MG está compuesta por el hongo que produce micorrizas, *Glomus*

iranicum var. *tenuihypharum*. Con Resid MG se logra un incremento en el crecimiento de las raíces gracias a una fuerte colonización micorrícica. Esto fomenta una mayor asimilación de agua y nutrientes, además de un incremento en la vitalidad y productividad de las cosechas.

b. Composición

Resid MG es un producto de carácter bioestimulante que utiliza la especie única del hongo que produce micorrizas, *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, en una base de arcilla expandida, con un contenido de 16 propágulos/g.

c. Aplicación y dosis

La recomendación para el cultivo de maíz es de aplicar 10 kg/ha a partir de siete días después del trasplante.

d. Efectos

Favorece el crecimiento de las plantas, incrementando el potencial productivo, optimizando el aporte de fertilizantes y de agua al suelo. Aumenta la tolerancia de las plantas a la sequía y a la salinidad. Disminuye la degradación de los suelos, contribuyendo con su regeneración a partir de su efectiva red de micelio. Disminuye las pérdidas de dióxido de carbono (CO₂), incrementando su captura y reconversión en biomasa fúngica. Su uso estabiliza el funcionamiento ecológico y la productividad de los ecosistemas. Al ser un producto biológico, no produce residuos indeseables en las plantas. Promueve el desarrollo de las plantas, aumentando la capacidad productiva, mejorando la distribución de fertilizantes y agua al terreno. Mejora la capacidad de las plantas para resistir la sequía y la salinidad. Disminuye el deterioro de los terrenos, aportando a su regeneración mediante su eficaz red de micelio. Reduce las pérdidas de CO₂, potenciando su captura y transformación en biomasa de hongos. Su aplicación estabiliza la operación ecológica y la productividad de los ecosistemas. Como producto biológico, no genera desechos no deseados en las plantas.

e. Usos recomendados

Resid MG es para ser usado en cultivos herbáceos extensivos: cereales de invierno, cereales de primavera, maíz, maíz forrajero, arroz, sorgo, cereales forrajeros, praderas, césped, girasol, soja, tabaco, algodón, alfalfa, leguminosas de grano.

2.4. Generalidades del maíz

2.4.1 Importancia del maíz en el Perú

El cultivo de maíz es uno de los más importante en cuanto a extensión agrícola se refiere, porque la media de siembra es de aproximadamente 520 000 ha al año y cerca de 82 000 familias tienen una dependencia de este cultivo, muy a pesar de que la cantidad

que se importa es significativamente mayor a la cantidad que se exporta (Cillóniz, 2020). Asimismo, las zonas de la costa y la sierra son las mayores productoras con 105 000 y 165 000 ha, respectivamente. En la costa, las regiones (Lambayeque, Libertad, Áncash, Lima, Ica y Arequipa), cuentan con las áreas de producción más extensas, debido a que son regiones que se caracterizan por la utilización de tecnología media a alta, siembra de semillas de calidad (híbridos) y mayor accesibilidad de agua. Mientras que, en la sierra, las regiones (San Martín, Loreto, Amazonas, Ucayali y Huánuco) cuentan con más áreas de producción; aunque estas regiones se caracterizan por el uso de baja tecnología, semillas de baja calidad y dependen de las lluvias, por lo que los rendimientos promedios varían entre 2 y 3 t/ha (García, 2020).

2.4.2 Clasificación taxonómica

El ITIS (2021), lo clasifica de la siguiente forma:

- Reino : Plantae.
- Subreino : Viridiplantae.
- Superdivisión : Embryophyta.
- División : Tracheophyta.
- Clase : Magnoliopsida.
- Orden : Poales.
- Familia : Poaceae.
- Género : *Zea* L.
- Especie : *Zea mays* L.

2.4.3. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de maíz

El cultivo del maíz se ajusta a una amplia variedad de suelos; Sin embargo, para su óptimo crecimiento se necesitan suelos profundos y fértiles, de textura franca, con estructura granular, bien drenados y con un elevado contenido de materia orgánica. Esto se debe a que promueve un mejor desarrollo del sistema radicular y previene el acame, promoviendo la absorción de humedad y la disponibilidad de nutrientes, siempre que el pH se mantenga entre 5,50 y 7, 80; porque suelos con pH debajo de 5,50 tienen una baja disponibilidad de nutrientes y crean un ambiente tóxico de elementos como aluminio (Al) y manganeso (Mn). (Cruz, 2013; Deras, 2012; Hidalgo, 2013).

La temperatura debe oscilar entre 20 a 30 °C según las etapas de producción. Asimismo, presenta una respuesta alta a los efectos de la luz y se ha comprobado que alcanza buena producción cuando las horas (h) luz por día varían de 11 a 14 h. En la etapa

de germinación y floración, no puede faltarle agua, y aproximadamente por un periodo de 120 días de su etapa vegetativa, para lograr una excelente productividad requiere una cantidad de 600 a 700 mm de agua de lluvias (Cruz, 2013; Deras, 2012; Hidalgo, 2013).

2.4.4 Híbrido ATLAS-777

El INTEROC (2023) reporta sus características del híbrido ATLAS-777, en las cuales serán descritas a continuación:

a. Generalidades

Con alta capacidad productiva, un buen desempeño frente a las principales enfermedades. La mazorca muestra 14/16 hileras con grano de buen peso.

b. Características de la planta

- Clase de híbrido : Simple
- Altura de planta (m) : 2,05
- Altura de mazorca (m) : 1,13
- Días de floración : 70 a 75
- Días de cosecha : 150 a 160
- Resistencia a la tumbada : Altamente resistente
- Respuesta a manejo tecnológico : Muy bueno

c. Características de la mazorca

- Grano : Anaranjado intenso
- Tipo de grano : Corneo dentado
- Tipo de mazorca : Cilindrocónica
- Hileras/mazorca : 14 a 16
- Cobertura de mazorca : Muy buena
- Índice de desgrane : 80 %
- Potencial de rendimiento : Muy alto
- Densidad de siembra a la emergencia (planta/ha) : 72 000 a 80 000
- Densidad de cosecha (planta/ha.) : 72 000 a 75 000

d. Adaptabilidad

El híbrido de maíz amarillo duro ATLAS 777®; presenta una excelente elasticidad al cambio del ambiente y el manejo, además de presentar alto potencial de rendimiento, muy competitivo para el territorio peruano.

e. Arquitectura

Es una panta de porte medio y un vigor excelente, follaje verde, hojas anchas y semi-erectas. Raíces adventicias profundas que le confieren excelente anclaje a la planta.

f. Tolerancia a enfermedades

Es altamente tolerante a *Phyllachora maydis* (Mancha de asfalto) y a *Puccinia maydis* (Roya del maíz) y tolerante a *Cercospora zea-maydis* y *Diplodia macrospora*.

g. Densidad de siembra

La densidad apropiada para el híbrido es de 70 000 a 75 000 plantas en la siembra, en distanciamientos especiales de 0,75 a 0,80 m entre surcos y 0,30 a 0,35 m entre golpes, colocando 2 semillas/golpe.

2.5. Antecedentes

En Canadá, Úbeda et al. (2001), en base a su investigación titulada “Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal”. Determinaron los efectos de la labranza y quema de residuos de cultivo sobre el nitrógeno orgánico en la fracción particulada (LFON), en la M.O. en la fracción particulada (LFOM), en el carbono Orgánico Total (TOC), N orgánico total (TON), y en el carbono orgánico en la fracción particulada (LFOC), y agregación del suelo, la investigación se llevó a cabo por un periodo de 5 años (2000-2004) en las zonas de Star City y Birch Hills en Canadá, con los siguientes tratamientos (labranza cero, ZT; labranza convencional, CT, con una labranza en otoño y otro en primavera) y dos quemas (quema de residuos en otoño, B; residuos no quemados e incorporados al suelo, NB) fueron mezclados en una rotación de cebada (*Hordeum vulgare*) y canola (*Brassica napus*). Tras cinco etapas de cultivo, la masa de TOC y TON en el suelo de 0-15 cm suele ser superior, en cambio, la masa de LFOM, LFOC y LFON fue notablemente superior en los tratamientos NB que en los tratamientos B en ambos sitios. La labranza cero condujo a un incremento en el TOC, TON, LFOM, LFON y LFON en el suelo con CT, en ambos tratamientos NB y B. La cantidad de TOC, TON, LFOM, LFOC y LFON en el suelo fue la más elevada en el tratamiento ZT-NB, y la más baja en el CT-B. El tratamiento de labranza cero presentó una proporción reducida de agregados finos (menores a 0,83 mm de diámetro) y una proporción superior de agregados grandes (superiores a 6,4 mm de diámetro) en ambos sitios. Sin embargo, el diámetro medio (MWD) era superior bajo ZT que bajo CT únicamente en Birch Hills. A pesar de que la interacción entre labranza y la quema no resultó relevante en la mayoría de los casos, el tratamiento ZT-NB generalmente presentó la proporción más baja

(22,6 %) de agregados finos y la mayor (47,1 %) de agregados grandes, en contraste con la proporción más elevada (34,9 %) y la proporción más baja (35,6 %) de estos agregados, respectivamente, en el tratamiento CT-B. Esto señala una disminución en el potencial de erosión del viento cuando se descartó la agricultura (ZT) y los desechos de cultivo se incorporan al terreno (NB). La adición de desechos de cultivo al terreno antes que la incineración de residuos generalmente aumentó el C y N orgánico del suelo, así como la agregación. Sin embargo, las diferencias entre los tratamientos de cultivo (ZT versus CT) fueron más significativas que entre los tratamientos de incineración (B versus NB). Por lo general, la inclusión de desechos de cultivo en conjunto con ZT incrementó el C orgánico, N orgánico y la agregación, mientras que la incineración en conjunto con CT produjo la degradación de estas características del terreno.

En Argentina, Certini et al. (2005), en base a su revisión: "Effects of fire on properties of forest soils". Los autores estudiaron las repercusiones inmediatas de dos quemas reguladas en el carbono orgánico (CO), así como en el nitrógeno (N), fósforo (P), y azufre (S) total y disponible, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), y cationes intercambiables, en la superficie de los suelos (0-5 cm) de la zona sureste de Caldenal, Argentina. Llevaron a cabo un muestreo cada 3 años entre cada quema. El suelo inicialmente revestido con vegetación arbustiva sin quemar presentó una mayor concentración de nutrientes totales y disponibles en contraste con los suelos cubiertos con vegetación herbácea. Los niveles de pH y CIC del terreno muestran un nivel de descenso en el terreno con arbustos. Generalmente, la primera quema controlada generó un efecto beneficioso en los elementos totales justo a 1 año y 2 años tras la quema. Además, provocó un notable incremento en los nutrientes disponibles que se mantuvieron más estables bajo la vegetación arbustiva. Las modificaciones fueron transitorias y usualmente, los niveles de nutrientes volvieron a los niveles de los suelos no quemados durante el segundo a tercer año posterior a la quema. En una segunda quema controlada realizada 3 años más tarde se evidencia un impacto no cuantificable en la mayoría de las características del suelo. Sin embargo, se registró una reducción del S total en el suelo con pastos y del N nítrico en el suelo con árboles, lo que indica el peligro de una reducción de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, los autores sostienen que se requieren más investigaciones en la región del Cardenal para valorar las variaciones en los terrenos bajo situaciones de diversas frecuencias de fuego. Estas fluctuaciones identificadas facilitarán la comprensión del comportamiento de las características del terreno situado en "Corona del Fraile", y la estimación de los riesgos o ventajas producidas.

En México, Martínez (2010), en su tesis “Establecimiento de las condiciones de cultivo de cianobacterias fijadoras de nitrógeno, aisladas de suelos cultivados de papaya” llegando a las siguientes conclusiones: a) Las diferentes características fisicoquímicas de las muestras de suelo, son adecuadas para el crecimiento y desarrollo de cianobacterias fijadoras de nitrógeno; b) La complejidad morfológica, fisiológica y de crecimiento de las cianobacterias encontradas en los cultivos sólo permitieron hacer una identificación morfológica hasta género y donde identificó a *Fischerella sp.* y *Nostoc sp.*; c) Las cianobacterias demostraron su capacidad para fijar N atmosférico al crecer en medios con y sin fuente de N y tener una tasa de liberación de amonio de 0,3 µg/ml. Sin embargo, las cianobacterias que se encontraban en el medio sin N tuvieron un crecimiento menor que las que sí contaban con este elemento; d) Durante el cultivo con plántulas y consorcio de cianobacterias, el mayor crecimiento fue en las plantas con la mayor concentración de N; e) El consorcio de cianobacterias no tuvo un efecto significativo en el crecimiento de las plántulas.

En Colombia, Parada et al. (2016), realizaron un artículo científico “Efecto de la quema en cultivos de hortalizas en Villa del Rosario, Norte de Santander, sobre las micorrizas y propiedades del suelo”, concluyendo que esta actividad tiene un efecto negativo en la población de micorrizas arbusculares y en el índice de colonización de las raíces. La relación micorrícica se vio afectada de manera negativa por el pH del suelo, que a su vez se vio alterado por la materia orgánica y afectó la disponibilidad de P inorgánico. Esto sugiere que la dinámica de estos elementos fisicoquímicos durante los periodos de cultivo previo y posterior a la quema también se ve particularmente afectada por el impacto de la quema de la vegetación.

En Perú, Jicamarca - Lima; Lazo (2018), en su tesis, “Inoculación de las cianobacterias *Nostoc sphaericum* para la fertilidad de los suelos áridos en San Antonio de Chaclla de Jicamarca, 2018” evaluó la inoculación de *N. sphaericum* aplicando 2, 4, 6 y 8 g de *N. sphaericum* en 250 g de suelo y concluyó lo siguiente: a) Considerando los resultados y llevando a cabo el análisis estadístico, se evidenció que la inoculación de cianobacterias *N. sphaericum* ejerció un impacto considerable en el contenido total de N en el suelo; b) Al determinar los parámetros fisicoquímicos, se determinó que el *N. sphaericum* ayuda a regular las características fisicoquímicas del terreno árido, teniendo en cuenta que antes de la inoculación, ciertos parámetros como el pH y la conductividad eléctrica se encontraban en un nivel insuficiente para una fertilidad óptima. No obstante, tras el tratamiento, los valores experimentaron una notable variación, evidenciando una excelente fertilidad.

En Portugal, Carneiro (2018), en su tesis “Cianobactérias e microalgas autóctones como potenciadoras de crescimento e melhoradoras da estruturas do solo” llegando a las

siguientes conclusiones: a) Se identificaron y aislaron algas y cianobacterias nativas de los suelos portugueses con potencial para promover el crecimiento vegetal, proteger contra el estrés salino y mejorar la estructura del suelo; b) Un cultivo heterogéneo de algas portuguesas mostró efectos positivos en el aumento del peso fresco de las plantas sin alterar otros parámetros importantes; c) La especie *Micracctinium inermum* parece desempeñar un papel crucial al fomentar el crecimiento de las plantas, aunque se requieren más investigaciones para confirmarlo; d) El cultivo de *Oculatella* sp. y *Nostoc* sp. mostró indicios de protección contra el estrés salino en condiciones sin sal, pero los resultados no fueron concluyentes; e) *Klebsormidium* sp., un alga verde filamentosa, demostró ser excelente para regenerar la calidad del suelo al aumentar la M.O. y la retención de agua; f) El aislado de *Nostoc* sp. también incrementó la M.O. del suelo y promovió la actividad microbiana; g) Las algas y cianobacterias autóctonas podrían ser utilizadas en la recuperación de suelos portugueses degradados, como los suelos quemados; h) El desarrollo de una formulación basada en cianobacterias y microalgas nativas como biofertilizantes en suelos portugueses puede tener un impacto positivo en el sector agrícola, mejorando la fertilidad y calidad del suelo de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

En México, Hernández-Reyes et al. (2019), en su artículo científico “Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México”. Analizaron cuatro tratamientos, consistiendo: el primero en un consorcio de cianobacterias extraídas de la zona agrícola; el segundo, en un fertilizante químico; y el tercero, fue biofertilizante comercial originado a partir *Azospirillum*; y el *Nostoc commune* fue el cuarto. Se evaluó la altura de la planta, diámetro del tallo, cantidad de hojas/planta; el rendimiento, contenido nutricional del grano y del forraje; Los parámetros evaluados fueron las características físicas y químicas del área agrícola previo y posterior a la siembra, así como la persistencia de microorganismos fotosintéticos. Llegado a las siguientes conclusiones: Las cianobacterias pueden emplearse como biofertilizantes en el cultivo del maíz azul, especialmente cuando se utilizan en consorcios, aportando ventajas en las propiedades morfológicas de los cultivos, además de incrementar la productividad del grano y mejorar su nivel de contenido nutricional. Adicionalmente, mediante el uso de cianobacterias, el maíz generó una elevada producción de forraje, sobresaliendo por su contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, en contraste con los otros tratamientos analizados. En términos positivos, las cianobacterias utilizadas como biofertilizantes aumentaron la cantidad de M.O. y redujeron la acidez de los terrenos en comparación con los otros tratamientos evaluados. La

presencia de cianobacterias tras la cosecha aumentó la diversidad de microorganismos fotosintéticos que desempeñan un rol esencial como excelentes acondicionadores de suelos.

En Perú, Lurín-Lima; Aguilar y Anchayhua (2019), en su tesis “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos aplicando la Cianobacteria *Nostoc sphaericum* en Lurín – 2019” condujeron una investigación aplicando 200 g, 300 g y 400 g de *N. sphaericum* en 2,50 kg de suelo contaminado por hidrocarburos para finalmente concluir lo siguiente: a) Determinaron los parámetros físico químicos iniciales de; 6,68 de pH, 20,9 °C, 5,67 mS/cm, 2200 mg/L de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), 30 % de H, 1,07 % de M.O. 1,75 % de N, 1,32 % de P, 1,18 % de K; en el tratamiento (M-A1), obtuvieron una eficiencia estimada del 95 %; en el tratamiento (M-B1), lograron obtener una efectividad del 94 %; en el tratamiento (M-C1), presentaron una efectividad del 94 % consiguiendo la biorremediación del suelo degradado por hidrocarburos aplicando el tratamiento; b) observaron la disminución la concentración de TPH a en curso de la biorremediación utilizando el *N. sphaericum*: en 15 días 94,55 % TPH; en 30 días 94,05 % TPH; en 45 días 94,42% TPH, evidenciando un elevado porcentaje de eliminación de TPH; c) La aplicación de *N. sphaericum* con mayor eficacia en la biorremediación fue; 15 días y dosis de 200 g de cianobacteria da 7,15 pH, 22,36 ° C, 7,15 mS/cm, 94,55 % TPH, 10,2 % H, 3,06 % M.O. 2,37 % N, 2,19 % P, 1,88 % K; d) Al contrastar los resultados de Lurín con 94,55 % de disminución de TPH y en San Mateo con 95,74 % de disminución de TPH siendo poco notorio la diferencia de biorremediación.

En Perú, Lima, Oliva (2023), en su tesis “Efecto de la inoculación con cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) en la fertilidad del suelo” menciona que *N. sphaericum* posee células heterocistos que fijan el N atmosférico y como consecuencia incrementan la disponibilidad del N; por ellos llevó a cabo una investigación en macetas de 3 L con suelo esterilizado utilizando cinco tratamientos: testigo (T₁), inoculación de 5 g *N. sphaericum* (T₂), testigo *Z. mays* (T₃), *Z. mays* más *N. sphaericum* (T₄) y *Z. mays* con 5 g de fertilizante nitrogenado urea (T₅), estos tratamientos fueron incorporados con agua destilada por un lapso de 45 días para medir los parámetros químicos del suelo y biométricos del cultivo. Los hallazgos muestran que la inoculación aumentó los niveles de N, P y materia orgánica, incrementando la fertilidad del recurso suelo. Estos resultados se mostraron en la biometría del maíz, la asimilación de nutrientes y la eficacia en la absorción del N. Así, la utilización de *N. sphaericum* puede ser una opción viable para promover la agricultura sostenible y reducir la utilización de fertilizantes químicos, incrementar la necesidad de P que necesitan las plantas para su desarrollo y contribuir reducción de CO₂.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de tesis se desarrolló en el fundo agrícola del señor Eliseo Silva (Figura 2), ubicado en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. El área experimental está ubicada en el centro poblado de Huanganapampa que posee las coordenadas UTM: 384653,00 m E, 8987421,00 m N, a una altitud de 618 m.s.n.m. De acuerdo con el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENHAMI, 2023) tiene un promedio de precipitación anual de 3 200 mm, con temperaturas máximas, mínimas y anuales de 29,2 y 24,2 °C, y un 80 % de humedad relativa. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida sugerido por Holdridge (1967), la región de Tingo María se ubica en la formación vegetal del bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh - PST).



Fuente: Google Earth Pro (2023).

Figura 2. Imagen satelital de la ubicación geográfica del área de investigación

3.2. Materiales y equipos

En la Tabla 2 se presenta los materiales, equipos, reactivos e insumos utilizados en la presente Tesis.

Tabla 2. Relación de materiales, equipo, reactivos, e insumos utilizados en la investigación

Materiales	Equipos	Reactivos	Insumos
Tubo ensayo 10 ml	Espectrofotómetro AA	Ácido sulfúrico	Agua destilada
Vasos de precipitado	Espectrofotómetro UV visible	Ácido clorhídrico	Fenolftaleina
Matraces de erlenmeyer	Centrífuga	Ácido nítrico	solución de glucosa
Micropipeta de 5 ml	Estufa	Hexametáfosfato de sodio	EDTA
Crisoles	Digestor microkjendhal	Acetato de amonio	Solución amortiguadora
Sobres de papel	Mufla	Hidróxido de sodio	
Papel filtro	pHmetro		
Embudos de vidrio	Conductímetro		
Barreno muestreador	Bureta automática		
Balanza gramera	Hidrómetro		
Tamices	Destilador de nitrógeno		
Botellas Plásticas	Agitador digital		
	termómetro digital		
Materiales	Equipos	Reactivos	Insumos
Tubo ensayo 10 ml	Espectrofotómetro AA	Ácido sulfúrico	Agua destilada
Vasos de precipitado	Espectrofotómetro UV visible	Ácido clorhídrico	Fenolftaleina
Matraces de erlenmeyer	Centrífuga	Ácido nítrico	solución de glucosa
	Estufa	Hexametáfosfato de sodio	
Micropipeta de 5 ml	Digestor microkjendhal		EDTA
Crisoles	Mufla	Acetato de amonio	Solución amortiguadora
Sobres de papel	pHmetro		
Papel filtro	Conductímetro	Hidróxido de sodio	
Embudos de vidrio	Bureta automática		
Barreno muestreador	Hidrómetro		
Balanza gramera	Destilador de nitrógeno		
Tamices	Agitador digital		
Botellas Plásticas	termómetro digital		

3.3. Metodología

3.3.1 Antecedentes de la parcela experimental

La parcela seleccionada para la investigación se encuentra ubicada en la zona de huanganapampa a una altitud de 618 m.s.n.m. Esta parcela fue anteriormente utilizada para el cultivo de *Erythroxylum coca* (Coca) hasta el año 2016, cultivo que fue erradicado en ese mismo año por lo que posteriormente tuvo un crecimiento de vegetación variada entre arbustos, malezas y árboles. Esta parcela presentaba características favorables para la ejecución del experimento debido al historial de explotación agrícola, fácil accesibilidad, idónea ubicación y el creciente interés de los pobladores por la explotación del cultivo de maíz y practicas sostenibles de manejo de cultivos.

3.3.2 Instalación de parcelas

Se inició el mes de febrero del 2024, anterior a la siembra de maíz y aplicación de los tratamientos en estudio (Tabla 3); se seleccionó el área donde se realizó el experimento, perteneciente al fundo agrícola del señor Eliseo Silva, el cual se encuentra ubicado cruzando el río Huallaga en el centro poblado de Huanganapampa (Figura 2). Se eliminó todo resto vegetal quemado que pueda impedir la siembra y con una palana se niveló montículos de tierra dentro del área experimental. La demarcación se hizo de acuerdo con el croquis experimental (Figura 3) de la forma siguiente: a) Se inició midiendo el área experimental y se clavó ramas de madera debidamente cortadas de 1,00 m en cada uno de los vértices y luego fueron unidas con rafia. b) Después de rodear el área experimental, con estacas y rafia, se delimitó las parcelas y bloques donde se llevó a cabo la siembra de las semillas ATLAS 777, dichas semillas se obtuvieron a través de la compra en una tienda comercial en la ciudad de Tingo María. La siembra de las semillas se realizó de acuerdo con el croquis de la parcela experimental (Figura 3). Seguidamente se hizo el deshierbo del perímetro del área experimental con la finalidad de controlar la propagación del fuego y no perjudicar parcelas aledañas, luego se realizó el desmalezado y el corte de arbustos y árboles existentes dentro de la parcela, al secarse las plantas cortadas se realizó el quemado de toda el área de trabajo. Se sembró bajo el distanciamiento entre planta/parcela de 0,40 x 0,80 m (62 500 plantas/ha). Los distanciamientos entre golpes fueron medidos con 1 m. La siembra se hizo usando una delgada estaca de 0,40 m que sirvió de guía para el distanciamiento entre plantas y de ese modo, con un tacarpo se hicieron los golpes de 2 a 3 cm de profundidad en los que se echaron tres semillas y posteriormente con el deshije se dejó dos plantas en cada hoyo.

3.3.3 Tratamientos en estudio

En la Tabla 3 se muestran los tratamientos aplicados después de la siembra. Se procedió con la inoculación de los tratamientos en estudio de la siguiente manera:

- T₁ (100 g de *N. sphaericum*), T₂ (200 g de *N. sphaericum*) y T₃ (400 g de *N. sphaericum*), T₄ (100 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK 12-12-17), T₅ (200 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK 12-12-17) y T₆ (400 g de *N. sphaericum* + Fertilización NPK 12-12-17) siendo esparcidas alrededor de cada golpe a unos 10 cm a la redonda aproximadamente y,
- La segunda inoculación se realizó a los 60 días después de la siembra (dds), de igual manera para la inoculación de las micorrizas arbusculares *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* (Resid MG) se realizó después de la siembra siendo esparcidas alrededor de

cada golpe de la siguiente manera: T₇ 5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₈ 10,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₉ 15,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₁₀ 5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK 12-12-17, T₁₁ 10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK 12-12-17, T₁₂ 15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK 12-12-17. La aplicación de fertilizante NPK fue manual formando un área circular de 10 cm alrededor de la planta y la fertilización se realizó en dos momentos: a los 25 dds con el primer aporque y la otra a los 45 dds con el segundo aporque.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos empleados en la investigación

Abonos orgánicos		Cantidad de abono utilizado por tratamiento
Clave	Descripción	
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	10,0 kg
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	20,0 kg
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	40,0 kg
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK (12-12-17)	11,0 kg
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK (12-12-17)	21,0 kg
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK (12-12-17)	41,0 kg
T ₇	5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	0,5 kg
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	1,0 kg
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	2,0 kg
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK (12-12-17)	1,5 kg
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK (12-12-17)	2,0 kg
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK (12-12-17)	3,0 kg
T ₁₃	Fertilización NPK (12-12-17)	1,0 kg
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	0,0 kg

a. Componentes en estudio

- Variable dependiente
 - *Zea mays* (maíz amarillo duro) híbrido ATLAS 777.
 - Características y propiedades del suelo.
- Variable independiente
 - *Nostoc sphaericum*.
 - Resid MG® (*Glomus iranicum*).
 - Fertilizante inorgánico.

b. Croquis de la parcela experimental

El área requerida para el trabajo de tesis tuvo las medidas de (15.20 x 55.20 m) con un área total de 839.04 m² y un perímetro de 140.40 m lineales. Dentro

de esta área se dividieron cuatro bloques, cada bloque tuvo una medida de (3.2 x 55.2 m) y estuvo constituido por 14 unidades experimentales. Mayores detalles se verifican en la Figura 3.

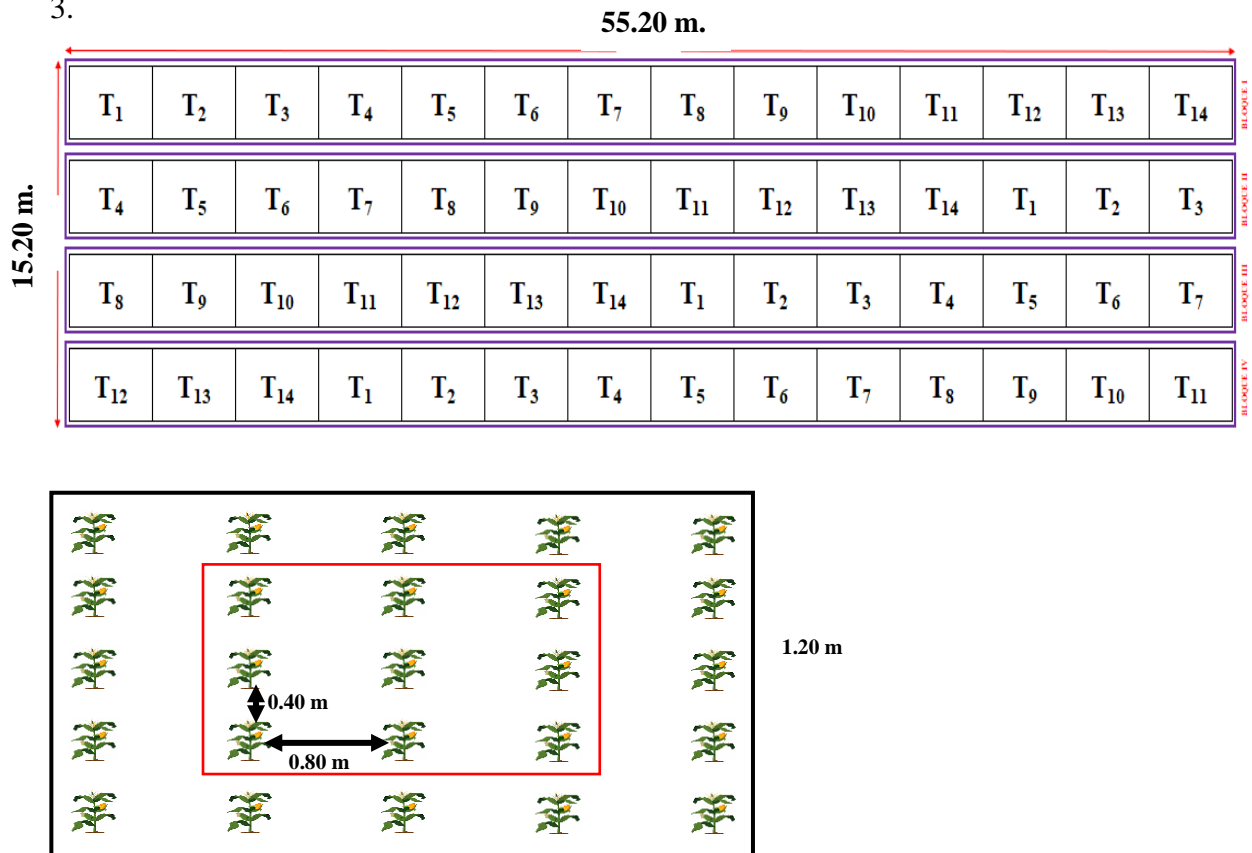


Figura 3. Croquis del área y unidad experimental

c. Diseño experimental

En esta investigación, los 14 tratamientos se ordenaron en un diseño de bloques completamente al azar, representado en la fórmula 1 propuesta por Ronald A. Fisher.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta obtenida en la unidad experimental del j-ésimo bloque

donde se aplicó el i-ésimo tratamiento

μ = Efecto de la media general.

σ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental obtenido de la unidad experimental del j-ésimo bloque en la que se aplicó el i-ésimo tratamiento.

$I = 1, 2, \dots, 14$ tratamientos.

$J = 1, 2, \dots, 4$ bloques.

d. Análisis estadístico

En el estudio se aplicó el análisis de varianza y para identificar las diferencias estadísticas entre los factores y los tratamientos, se utilizó la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC), con un nivel de significancia del 5 %. Además, se determinará tanto el coeficiente de variación (CV) como el de determinación (R^2). Las investigaciones se realizaron a cabo utilizando el software Infostat.

Tabla 4. Esquema del análisis de variancia

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Bloques	b-1	SC _{Bloq}	SC _{Bloq} /gl _{Bloq} = CM _{Bloq}	CM _{Bloq} /CM _{ee}	F _α (gl _{Bloq} , gl _{ee})
Tratamientos	t-1	SC _{trat}	SC _{trat} /gl _{trat} = CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	F _α (gl _{trat} , gl _{ee})
Error experimental	(t-1)*(b-1)	SC _{ee}	SC _{ee} /gl _{ee} = CM _{ee}		
Total	(t*b) - 1	SC _{total}			

F.V. = Fuente de variación. G.L. = Grados de libertad. S.C. = Suma de cuadrados. Trat. = Tratamientos. ee = Error experimental.

El C.V. propuesta por Karl Pearson se halla de la siguiente fórmula 2:

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{Y} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

CV : Coeficiente de variabilidad.

CMe : Cuadrado medio del error.

Y : Promedio total de los tratamientos.

e. Características del área experimental

- Área experimental
 - Largo :84,00 m
 - Ancho :10,40 m
 - Área total del experimento :873,60 m²
- Bloques
 - Número de bloques :4
 - Largo de bloque :84,00 m
 - Ancho de bloque :2,00 m
 - Área de bloque :168,00 m²
- Parcela (tratamiento)

- Número de parcelas/bloques	:14
- Largo de la parcela	:4,00 m
- Ancho de la parcela	:2,00 m
- Área de la parcela	:8,00 m ²
- Distanciamiento de siembra	:80 cm x 40 cm
- Plantas/golpe	: 2.
- Plantas/parcela	: 60
- Número de plantas/ha	: 62 500

3.4. Ejecución del experimento

3.4.1. Muestreo de suelos

Con un muestreador de suelo, se sacaron submuestras del suelo de la forma siguiente: (a) Las submuestras fueron extraídas con pala recta a una profundidad de 0,20 m. (b) Estas submuestras extraídas, se realizó mediante la metodología de recorrido en zig-zag y tomando muestras cada 5 m. (c) Se extrajeron 20 submuestras y fueron mezcladas para obtener una muestra representativa de 1 kg de suelo más fino y libre de restos vegetales y piedras, estas muestras fueron tomadas para el análisis antes de realizar la quema, las muestras tomadas después de la quema y al finalizar el experimento fueron realizadas tomando tres submuestras de cada unidad experimental y luego se las mezcló. Las muestras de 1 kg de suelo se llevaron al laboratorio de análisis de suelos y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su análisis físico y químico.

3.4.2. Obtención y aplicación del de *N. sphaericum*

De acuerdo a la cantidad de *N. sphaericum* a inocular por golpe de siembra y en base a 100 golpes de siembra de cada tratamiento (Tabla 3); fueron traídas de la ciudad de Huaraz, el traslado se hizo en bolsas plásticas con un contenido de agua para preservar la humedad e integridad estructural de Nostoc. Después de la selección y lavado de las muestras de *N. sphaericum* se procedió a deshidratar el Nostoc bajo sol para así obtener un material que sea más fácil de desmenuzar e inmediatamente después de la siembra de maíz; se realizó la inoculación de las cantidades de *N. sphaericum* por golpe de forma manual de acuerdo como indica el croquis del área experimental. La inoculación consistió en esparcir a *N. sphaericum* alrededor de cada golpe de siembra a no más de 10 cm alrededor de la planta y posteriormente fue tapado con la propia tierra. La inoculación se dividió en dos partes: a) La primera

inoculación se realizó al inicio de la siembra. b) La segunda se hizo a los 60 días después de la primera inoculación.

3.4.3. Obtención y aplicación de *Glomus iranicum* (Resid MG®)

Resid MG es un estimulante 100 % biológico basado de un hongo formador de micorrizas *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*. Este producto se fue obtenido por pedido a la empresa Hortus de la ciudad de Lima. Se seleccionó este producto debido a la recomendación en el cultivo de maíz, la facilidad de compra y por el costo del producto. La inoculación de Resid MG (*G. iranicum*) consistió en preparar este producto diluyendo en agua las cantidades indicadas en las dosis de tratamientos indicados (Tabla 3) y luego esparciendo alrededor de cada golpe de siembra y posteriormente. La inoculación se dividió en dos partes: a) La primera inoculación se realizó al inicio de la siembra. b) La segunda se hizo a los 60 días después de la primera inoculación.

3.4.4. Fertilización inorgánica

El fertilizante inorgánico Azul plus 12-12-17 (Talex) fue escogido por que dispone de tecnología monogramas de doble potencia que facilita la concentración de nutrientes y complejos bioestimulantes en un solo granulo, manteniendo un equilibrio y liberación progresiva. Fue adquirido de una casa comercial de agroquímicos de Tingo María. La fertilización se realizó según el croquis experimental (Figura3) del tratamiento respectivamente a razón de 10 g/golpe. La aplicación fue manual alrededor de la base de la planta a una distancia de 10 cm y la fertilización se fraccionó en dos partes: La primera se hizo con el primer aporque a los 25 dds y la segunda se realizó con el segundo aporque que fue a los 45 dds.

3.5. Metodología de evaluación

3.5.1. Evaluación del cultivo

De cada unidad experimental (Figura 3), a los 35 dds, se seleccionaron las nueve plantas de maíz de la parcela neta a los cuales se les amarró con una cinta roja para identificarlas en las posteriores evaluaciones. A los 35 dds, con una regla de madera se procedió a medir la altura desde el cuello de la planta que anexa al suelo hasta el nudo donde se inserta la hoja de bandera con el tallo. Después de medir la altura de planta a las nueve plantas; con una cinta métrica, se midió la altura de mazorca que inicia del cuello de la planta que anexa con el suelo y termina en la yema axilar que produce la mazorca superior.

3.5.2. Biometría de la mazorca

Después de la cosecha, se seleccionó nueve mazorcas de forma aleatoria de cada tratamiento y con 1 m, se midió la longitud y diámetro de cada mazorca. Después de medir la longitud y diámetro de mazorca; se contó el número de hileras/mazorca, iniciando desde de la parte central de la mazorca. Después de contar las hileras/mazorca; se contabilizó el número de granos/hilera. Luego se pesaron 100 granos (14 % de humedad) por mazorca cosechada (en total nueve) de cada parcela experimental.

3.5.3. Rendimiento estimado

a. Número de plantas cosechadas

Se tuvo en cuenta todas las plantas de maíz con o sin mazorca. Luego, se contó el número de plantas de maíz que produjeron mazorcas.

b. Número de fallas/parcela

Se contabilizó los golpes fallados de las parcelas antes de realizar la cosecha para ajustar el rendimiento con la fórmula 3:

$$FC = \frac{(N - (0.30 \times F))}{N - F} \quad (3)$$

Donde:

FC=Factor de corrección.

N=Número total de golpes/parcela.

F=Número total de fallas/parcela.

Para ello se consideró:

Golpes con 2 plantas= cero fallas

Golpes con 1 planta= ½ falla

Golpes con 0 plantas= 1 falla

c. Peso de las mazorcas en campo

Después de cosechar mazorcas de maíz por parcela experimental; se pesó las mazorcas. Con un hidrómetro se calculó la humedad del grano de 300 g de granos de maíz recién cosechados. Después de obtener el porcentaje de humedad inicial; se obtuvo el factor de corrección mediante la fórmula 4:

$$Fh = \frac{100 - \% H}{86 \%} \quad (4)$$

Donde:

% H = Humedad al inicio de la cosecha.

86 % = Porcentaje como factor de corrección.

d. Porcentaje de desgrane

Después de obtener el peso de los granos/mazorca (14 % de humedad); con la fórmula 5 se obtuvo el porcentaje de desgrane:

$$D (\%) = \frac{P_g}{P_m} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

D (%) = Porcentaje de desgrane.

P_g = Peso de granos/mazorca.

P_m = Peso de mazorca con grano.

3.5.4. Cálculo del rendimiento estimado (t/ha)

El cálculo del cultivo de maíz de los tratamientos en estudio se halló con la fórmula 6 (Rojas, 2005):

$$R (t/ha) = \frac{(P_c \times H^\circ \times \% D \times F_c \times 0,971) \times 10}{A} \quad (6)$$

Donde:

A = Área de la parcela experimental.

P_c = Peso de mazorcas cosechadas por parcela.

F_c = Factor de corrección de fallas.

H° = Factor de corrección por humedad al 14 %.

% D = Porcentaje de desgrane.

0,971 = Factor de contorno.

3.5.5. Evaluación de las propiedades químicas de las hojas

Al finalizar el experimento se realizó el análisis foliar de las hojas de maíz donde se determinaron los nutrientes como N, P, Ca, Mg, Na, K, Zn, Fe, Cu y Mn, para esto se sacó una muestra de 50 g de tejido foliar de cada parcela experimental haciendo un total de 56 muestras. Para la interpretación se utilizó la tabla de contenido nutricional de hojas de maíz propuesta por Voss (1993), presentada a continuación:

Tabla 5. Rangos de suficiencia de nutrientes en partes de plantas de maíz

Nutriente	Rangos de suficiencia en planta	
	Hoja de la espiga a floración	Planta entera en V3 a V4
N	2,7 - 3,5	3,5 - 5,0
P	0,2 - 0,4	0,4 - 0,8
K	1,7 - 2,5	3,5 - 5,0
Ca	0,2 - 1,0	0,9 - 1,6
Mg	0,2 - 0,6	0,3 - 0,8
S	0,1 - 0,3	0,2 - 0,3
B	4,0 - 25	7,0 - 25
Cu	6,0 - 20	7,0 - 20
Fe	21 - 250	50 - 300
Mn	20 - 150	50 - 160
Mo	0,6 - 1,0
Zn	20 - 70	20 - 50

Fuente: Voss (1993).

3.5.6. Evaluación de las propiedades del suelo

Al inicio y final del experimento se realizó el análisis de caracterización de suelo donde se determinaron el pH, CICE, Ca, Mg, Al, P, MO del suelo. Antes de realizar el quemado del suelo se realizó la extracción de muestras de suelo el cual fue considerado como análisis inicial con la finalidad de saber las características fisicoquímicas del suelo antes de ejecutar la investigación. Luego de realizar la quema el área de investigación se dividió en cuatro bloques experimentales de 15 m de ancho por 84 m de largo para 14 tratamientos en cada bloque, se extrajeron una muestra de suelo por cada tratamiento y cada bloque haciendo un total de 56 muestras después de haberse realizado la quema y antes de llevarse a cabo la siembra estas muestras se consideraron como análisis inicial de suelo quemado. Al finalizar la investigación se sacó nuevamente 56 muestras de suelos las cuales fueron consideradas como análisis final de suelo quemado.

3.5.7. Evaluación de otros parámetros químicos

En la Tabla 6, se describen las metodologías utilizadas en la determinación de cada parámetro químico del suelo.

Tabla 6. Características químicas del suelo

Parámetros químicos	Método empleado
pH (1:1)	Potenciómetro, relación suelo agua 1:1
Materia orgánica (M.O.) (%)	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	% M.O. x 0,045
Fósforo disponible (ppm)	Olsen modificado
Potasio disponible (ppm)	Desplazamiento con acetato de amonio 1 N (pH = 7,00)
Cationes cambiabiles (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , K ⁺), para suelos con pH mayores a 5,50	Reemplazamiento con acetato de amonio 1 N (pH = 7,00) (cuantificado por EAA).
Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe)	Suma de cationes (Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ , H ⁺).

a. Clase textural

Fue determinada mediante el método de Bouyoucos, que implica la eliminación de M.O. y el tamizado del suelo para separar las fracciones de tamaño de partícula. Es la proporción relativa que existe entre las tres fracciones de tamaño de partículas que se encuentran los suelos: arena, limo y arcilla.

b. Densidad aparente (g/cm³)

Fue determinada utilizando la técnica descrita por Acevedo et al. (2005), que consiste en la utilización de un cilindro metálico de 7 cm de largo por 5 cm de ancho y con un radio de 2,40 cm. Con el cilindro se extrajo la muestra de suelo para obtener la masa que cabe en dicho volumen. La obtención de la muestra de suelo fue realizada de la siguiente manera: a) Con un machete se desmalezó la parte del suelo en la que se extrajo la muestra del suelo. b) Luego se colocó el cilindro en el suelo y sobre el cilindro, se colocó un trozo de madera (para proteger la muestra de suelo de los golpes del martillo). c) La madera sobre el cilindro se golpeó con el martillo, hasta que este se incrustara totalmente en el suelo. d) Usando una pala, extrajo la tierra circundante al cilindro hasta el nivel más bajo de su base inferior. e) Con la ayuda del filo de la pala, se retiró la tierra a nivel de la base inferior y superior del cilindro. f) Se pusieron las tapas a los cilindros y se llevó al laboratorio para determinar el peso fresco de la muestra con el cilindro. Las muestras fueron puestas en la estufa a 105 °C en 24 h. g) Pasado las 24 h se pesó el suelo seco para obtener peso seco y se hizo el cálculo de densidad con la fórmula 7:

$$D_a = \frac{P_{ss}}{V_c} \quad (7)$$

Dónde:

D_a = Densidad aparente (g/cm^3).

P_{ss} = Peso del suelo seco en el horno.

V_c = Volumen del cilindro (cm^3).

c. Porcentaje de la porosidad

Con los resultados obtenidos del cálculo de la densidad aparente se obtuvo el porcentaje de porosidad de los suelos con la fórmula 8:

$$p = \left[1 - \frac{D_a}{D_r} \right] \times 100 \quad (8)$$

Donde:

P = Porosidad total.

D_a = Densidad aparente.

D_r = Densidad real ($2,65 \text{ g}/\text{cm}^3$ como media general).

d. Índice de penetrabilidad

Al finalizar el trabajo de investigación se determinó el índice de resistencia del suelo utilizando el penetrómetro. La metodología de evaluación consistió en penetrar este instrumento a una superficie del suelo a 1 y 5 cm del cuello de la planta. Luego se anotó la lectura de resistencia del suelo (kg/cm^2) que registre el penetrómetro.

3.5.8. Fraccionamiento químico de la materia orgánica

El resultado del fraccionamiento es la obtención de sustancias húmicas, que se extrajeron de las muestras de suelo inicial y final del experimento.

Se empleó el método de la Sociedad Internacional de sustancias húmicas (IHSS), sugerido por SWIFT (1996), calculando en la solubilidad diferencial en soluciones alcalinas y ácidas. Basándose en esta solubilidad, se lograron las fracciones relacionadas con los ácidos fúlvicos, húmicos y humina. A continuación, se detallada la metodología empleada:

a. Extracción de las sustancias húmicas

Se realizó utilizando tubos de agitación en los que se añadió 4 g de suelo inicial y suelo final y luego se añadió 40 ml de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, la suspensión obtenida se sacudió por un periodo de 60 min a 150 revoluciones/min, utilizando un agitador horizontal, para luego ser puesto a reposo durante el lapso de una noche, obteniéndose un extracto alcalino que está conformado por las trazas de los ácidos fúlvicos, húmicos y el suelo. Luego del reposo fueron

puestas en la centrifuga a 3 000 rpm, por 32 min, el sobrenadante fue trasvasado a un matraz de erlenmeyer, este proceso se repitió en dos ocasiones por lo que la siguiente centrifugación del sobrenadante solo fue durante 5 min a 150 rpm, para luego ser puesto a reposo 60 min antes de someterlo otra vez a centrifugación, obteniendo la disociación de el extracto alcalino y el residuo formado por la humina. Los extractos resultantes de las centrifugaciones fueron trasvasados a una botella de plástico debidamente codificados y enrazados con agua destilada a volumen final de 200 ml aproximadamente, estas botellas estuvieron en refrigeración hasta el momento de la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro

b. Fracción de los ácidos fúlvicos

Para determinar el ácido fúlvico se ajustó a 2 el pH de 50 ml del extracto utilizando H_2SO_4 concentrado, luego permaneció en reposo durante una noche. El ácido húmico se separó de la fracción (ácido fúlvico) mediante una centrifugación que duró 16 min a 3 000 rpm. El sobrenadante (ácido fúlvico) se eliminó y se conservó el precipitado (ácido húmico). Las medidas del ácido fúlvico se determinarán mediante la variación entre el ácido húmico y el extracto alcalino.

c. Fracción de ácidos húmicos.

Una vez obtenido el ácido fúlvico, se añadieron 15 ml de NaOH 0,1 mol L^{-1} al precipitado (ácido húmico). Luego, se trasladó a un matraz de erlenmeyer y el volumen se completó con agua destilada.

d. Fracción de humina

Los desechos que se precipitaron al fondo del tubo de centrifugación luego de extraer el extracto alcalino fueron llevados a crisoles y secados a 65 °C; luego de sacar los crisoles el suelo se molió y guardó en un recipiente plástico.

e. Carbono orgánico total

Según los cambios hechos al "Método Dakota do Sul", especificadas en Raij et al. (1997). Este procedimiento consistió en oxidar la M.O. usando el dicromato ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$), y posteriormente medirla mediante un colorímetro de 650nm. Este procedimiento requiere pesar de 1g de suelo. Es necesario ubicar cada muestra y se debe colocar en un recipiente de 150 ml, donde se incorporan 10 ml de $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ con una concentración de 0,0667 mol $\text{L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 5 mol/L. Luego se agitó durante 10 min, a 180 revoluciones/min, en un agitador horizontal. Después de 60 min de descanso, se incorporan 50 ml de agua destilada, lo que favorece la combinación de las soluciones; Se deja decantar durante toda la noche. Al día siguiente, se lleva a cabo la lectura empleando un colorímetro.

f. Cuantificación de las fracciones de ácido húmico

Se utilizó el "método Dakota do sul" modificado y definido por Raij et al. (1997), debido a que la muestra era líquida, se empleó una alícuota de 4 ml de cada fracción. Esta parte líquida fue colocada en un recipiente erlenmeyer de 150 ml. Seguidamente con un dispensador, se agregaron 10 ml de la disolución $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,0667 mol/L en H_2SO_4 5 mol/L. Se agitó por 10 min, a 180 revoluciones/min, en un agitador de tipo horizontal. Luego de reposar por 60 min, se agregaron 50 ml de agua destilada; Se dejó decantar durante toda la noche. Las muestras fueron dejadas enfriar en el entorno para llevar a cabo la lectura.

3.5.9. Propiedades biológicas del suelo

Para identificar las características biológicas del suelo, se utilizó el índice de diversidad al comienzo y al término del experimento. Para ello, se usó el método de las trampas pitfall descrito por Acevedo et al. (2005), cuyo procedimiento de evaluación se detalla a continuación: (a) Alrededor de 30 cm del tallo de la planta; se introduce una trampa fabricada con un vaso descartable de 250 ml al nivel superficial del terreno. Después, se construyó un techo de plato desechable, sostenido con palitos finos, con una altura de alrededor de 20 a 30 cm, que resguardó a la trampa de las horas de lluvia y las de luz solar. (b) Se añadió 150 ml de agua con detergente en cada trampa (vaso) para neutralizar la tensión superficial, y luego se colgó en el medio del vaso un pedazo de salchicha. (c) Se colocó en cada parcela tres trampas para cada tratamiento. (d) Las trampas pitfall fueron recolectadas 48 h después. Después se comprobó el contenido de cada vaso; en caso de encontrarse macroinvertebrados, estos se trasladaron a botellas descartables con alcohol codificados correctamente. (e) Se identificaron los macroinvertebrados a nivel de géneros. Finalmente, se aplicó la fórmula 9 y 10 de Shannon Wiener para calcular el índice de diversidad de especie:

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (9)$$

Donde:

N_i = Abundancia de género.

N = Abundancia total de los géneros (suma).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \text{Log } p_i$$

Donde:

(10)

H' = Índice de diversidad de Shannon – Wiener.

\sum = Sumatoria.

Log = Logaritmo.

3.5.10. Análisis de rentabilidad

Fue obtenida a través de la implementación de los tratamientos estudiados para la producción de 1 ha de maíz ATLAS 777, se llevó a cabo a través del análisis comparativo de ingresos y costos de producción, también conocido como relación de beneficio y costo (B/C). Este proceso implicó la división del ingreso bruto (IB) por el costo de producción (CP) de cada tratamiento en análisis utilizando la fórmula 11 mencionada por la (FAO, 2007):

$$R(B/C) = \frac{IB}{CP} \quad (11)$$

Dónde:

R (B/C) = Relación de beneficio y costo.

IB = Ingreso bruto (S/).

CP = Costo de producción (S/).

Los costos de producción para la producción de maíz para 1 ha, fueron en función a los costos realizados en 1 ha, que inicia desde la limpieza del terreno, costo de la semilla, costo de la cianobacterias, costo de micorrizas, costo de fertilizante, manejo del cultivo, etc. El ingreso bruto se hizo multiplicando la producción para 1 ha por el precio de 1 kg de maíz en el mercado local.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la inoculación de *N. Sphaericum* (cushuro) y micorrizas en la propiedad física (compactación del suelo)

El análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$) Tabla 7, muestra que en las mediciones para determinar la compactación inicial no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos. El coeficiente de variación (C.V.) fue de 11,12 % lo que significa que entre las unidades experimentales de cada tratamiento tuvieron un comportamiento son muy homogéneos por lo que se puede decir que las medias son representativas, por lo tanto, los datos obtenidos en campo tienen muy baja dispersión respecto a los promedios obtenidos. El valor de R^2 de 0,30 lo que puede indicar que el grado de influencia de la variable independiente específica tuvo una influencia débil sobre la variable dependiente.

Para el análisis de compactación del suelo al final del experimento mostrados en la Tabla 7, se puede ver el ANVA que en los tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas significativas por lo que se puede decir que todos los tratamientos son estadísticamente iguales frente a la variable estudiada. El C.V. igual a 14,99 % muestra que entre las unidades experimentales de cada tratamiento tuvieron un comportamiento homogéneo por lo que se puede decir que las medias son representativas, por lo tanto, los datos obtenidos en campo tienen muy moderada dispersión respecto a los promedios obtenidos. El coeficiente de determinación de 0,23 señala que los tratamientos estudiados tuvieron una influencia débil sobre la variable dependiente.

Tabla 7. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a compactación (psi) inicial y final del suelo.

Fuente de Variación	G.L.	Compactación inicial		Compactación final	
		CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	84,23	0,4365	63,99	0,6133
Tratamiento	13	96,36	0,4182	81,90	0,6762
Error	39	90,80		105,09	
Total	55				
C.V.		11,12		14,99	
R^2		0,30		0,23	

Mediante la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) mostrada en la Tabla 8, realizada a los tratamientos al finalizar el experimento no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados debido a que todos los tratamientos se encuentran dentro del mismo grupo de significancia, indicando el mayor efecto positivo, todos los tratamientos presentan medias muy similares, sugiriendo un efecto positivo

significativo y comparable de los tratamientos probados, los tratamientos clasificados en el mismo grupo de significancia no muestran diferencias significativas entre sí, implicando que tienen efectos estadísticamente equivalentes en el resultado de compactación, sin embargo se puede mencionar que la mejor media obtenida corresponde al tratamiento T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) con 75 psi y el tratamiento con la menor media resultó el T₁₄ (Testigo sin fertilización) con 59,38 psi. En resumen, todos los tratamientos, disminuyen significativamente el parámetro de compactación de suelo.

Tabla 8. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido la compactación del suelo

Trat.	Descripción	Medias	E.E	Sig
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	75.00	5,13	a
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	73.13	5,13	a
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	73.13	5,13	a
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	73.13	5,13	a
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	71.88	5,13	a
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	70.00	5,13	a
T ₁₃	Fertilización NPK (20-20-20)	69.38	5,13	a
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	67.50	5,13	a
T ₇	5,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	65.00	5,13	a
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	65.00	5,13	a
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	65.00	5,13	a
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	65.00	5,13	a
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	65.00	5,13	a
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	59.38	5,13	a

Es necesario mencionar que, aunque los tratamientos aplicados no obtuvieron diferencias estadísticas estos si presentan diferencias numéricas por lo que al ser comparados con las mediciones de la compactación al inicio del experimento se puede apreciar en la Figura 4, que hay una diferencia marcada entre las lecturas iniciales y finales para todos los tratamientos siendo los que mejores resultados obtuvieron en cuanto a reducir la compactación del suelo mediante fueron los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) y el T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK). En resumen, la inoculación y aplicación de los tratamientos estudiados manifiestan una reducción en el grado de compactación del suelo, la creciente actividad biológica producto de la incorporación del *Nostoc sphaericum* que ayudan a aglutinar las partículas del suelo mediante la secreción de polisacáridos extracelulares (exopolisacáridos) y otras sustancias mucilaginosas que actúan como pegamento biológico, formando agregados estables que mejoran la porosidad y reducen la densidad aparente, lo que disminuye la compactación., así como también el

incremento de las raíces del maíz pueden ayudar a incrementar la porosidad del suelo, retener humedad y por ende reducir la compactación de la capa superior del suelo a lo largo del tiempo.

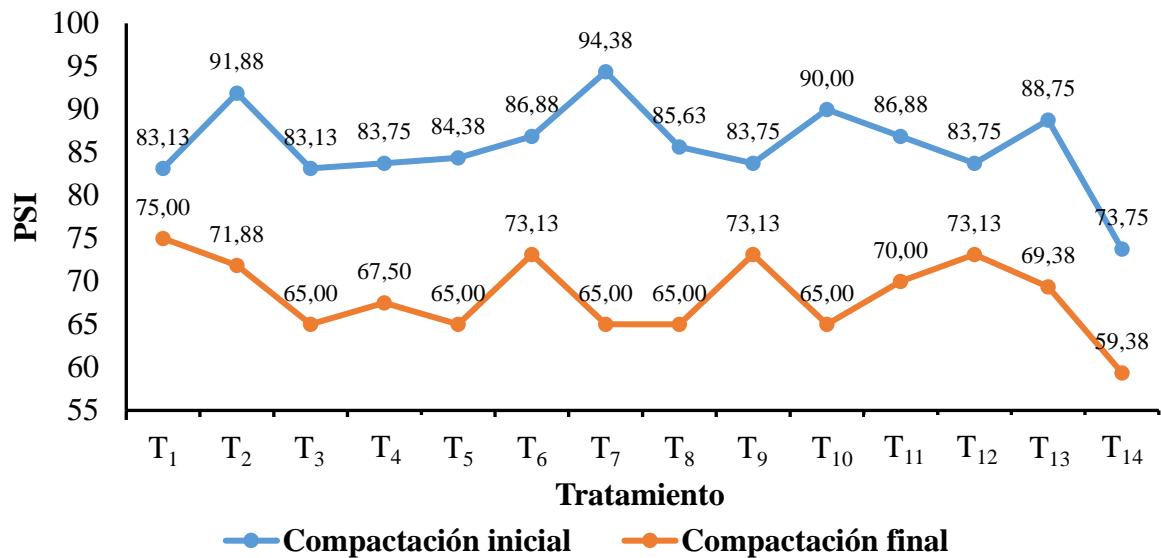


Figura 4. Promedios de compactación inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Ambos microorganismos contribuyen a la descomposición de materia orgánica y la liberación de compuestos como ácidos húmicos y fúlvicos, que mejoran la estructura del suelo. Mayores detalles referentes a la compactación inicial y final del suelo por tratamiento (psi) se visualizan en la Figura 4.

Arias et al. (2001) sostienen que las asociaciones con micorrizas favorecen a las plantas hospederas incrementado su capacidad para absorber nutrientes y agua, por lo tanto, la planta se vuelve más tolerante a las condiciones desfavorables del suelo y clima, mediante estas acciones la planta puede incrementar su producción y por ende la biomasa se incrementa, así como también favorecen en la aparición de los agregados estables en el suelo. Al formar los agregados del suelo la red de hifas extrarradicales tienen un rol muy importante en la conservación del suelo. Por otro lado, las micorrizas estimulan el crecimiento de raíces más extensas y ramificadas, que crean canales naturales en el suelo por lo que pueden jugar un papel importante en la descompactación del suelo mediante la producción de ciertos

compuestos orgánicos por las hifas de HMA y con la ayuda de otros microorganismos presentes en la micorrizosfera que pueden ayudar a unir los microagregados en macroagregados (Kabir y Koide, 2000).

4.2. Efecto de la inoculación de *N. Sphaericum* (cushuro) y micorrizas en la densidad aparente y porcentaje de porosidad del suelo al final del experimento

4.2.1. Densidad aparente en el suelo inicial y final

Como lo indica la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 9 no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las unidades experimentales al iniciar el experimento para la variable en estudio de densidad aparente puesto que su P valor resulta ser mayor al nivel de significancia utilizada en el análisis estadístico, de igual manera al finalizar el experimento no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio. El C.V. obtenido para la densidad aparente inicial fue de 6,58 % y para el final fue de 7,90 %, esto indica que existe una baja heterogeneidad en los valores de la variable estudiada. Esto significa que hay poca dispersión relativa entre los datos en comparación con la media. El valor de R^2 encontrado inicial y final fue de 0,33 % lo que indica que un coeficiente de determinación más bajo significa una menor capacidad del modelo para explicar la variabilidad en la variable dependiente.

Tabla 9. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a densidad aparente y al índice de porosidad

Fuente de Variación	GL	Densidad aparente inicial		Porcentaje de porosidad inicial		Densidad aparente final		Porcentaje de porosidad final	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	0,04	0,026	53,51	0,026	0,04	0,015	52,15	0,015
Tratamiento	13	0,01	0,783	10,35	0,784	4,90E-03	0,890	7,00	0,892
Error	39	0,01		15,57		0,01		13,21	
Total	55								
C.V.		6,58		9,85		7,90		6,73	
R^2		0,33		0,33		0,33		0,32	

En la Tabla 10 se observa la prueba DGC ($\alpha = 0,05$) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados a la investigación debido a que todos los se encuentran perteneciendo al mismo grupo de significancia, las medias indican los valores de respuesta del experimento, donde la fertilización química por sí misma podría ser suficiente para reducir la porosidad en este estudio. Sin embargo, combinaciones como T₁₀ (5,00 g de Resid MG + NPK) también fueron efectivas, pero no superaron significativamente al NPK solo. Las

dosis altas de *Nostoc sphaericum* (T6, T3) tuvieron valores más altos (menos efectivos), mientras que dosis bajas (T1, T2) mostraron resultados intermedios. *Glomus iranicum* (Resid MG) en sus dosis bajas (T7, T8) fueron ligeramente mejores que dosis altas (T9, T12), pero sin diferencias significativas. El testigo sin fertilización (1.21) tuvo un valor intermedio, lo que indica que algunos tratamientos con bioinsumos o NPK fueron marginalmente mejores, pero no de manera significativa. Las variaciones observadas podrían deberse al azar o a la homogeneidad del suelo en el experimento. Los bioinsumos (*Nostoc*, *Glomus*) no demostraron ventajas significativas en este estudio, pero podrían explorarse en combinaciones o dosis diferentes. La falta de significancia estadística sugiere que el tamaño de muestra o la variabilidad natural podrían haber enmascarado efectos reales. Se recomienda replicar el experimento con mayor potencia estadística. Ya Ararat, (2006) señala que la M.O. tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad, característica que facilita un mayor desarrollo radicular del maíz.

Tabla 10. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a densidad aparente final

Trat.	Descripción	Medias	E.E	Sig.
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	1,28	0,05	a
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	1,25	0,05	a
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	1,25	0,05	a
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	1,25	0,05	a
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	1,24	0,05	a
T ₇	5,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	1,24	0,05	a
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	1,21	0,05	a
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	1,21	0,05	a
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	1,21	0,05	a
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	1,20	0,05	a
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	1,19	0,05	a
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	1,18	0,05	a
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	1,17	0,05	a
T ₁₃	Fertilización NPK	1,16	0,05	a

En la Figura 5 se observa que las medidas de compactación final muestran una variación entre 1,16 g/cm³ en T₁₄ hasta 1,28 g/cm³ en T₆, respecto a las densidades iniciales que oscilan en un rango superior de entre 1,50 y 1,64 g/cm³.

La diferencia entre las densidades iniciales y finales es notable en varios tratamientos. Por ejemplo, en T₂, la densidad aparente inicial de 1,64 g/cm³ es significativamente mayor que su promedio final de 1,24 g/cm³, esto sugiere que los tratamientos

aplicados han tenido un impacto positivo en la densidad aparente del suelo. Los tratamientos parecen ser efectivos para reducir la densidad aparente del suelo. Esto podría implicar mejoras en la compactación y en las propiedades físicas del suelo, favoreciendo posiblemente la retención de agua y nutrientes.

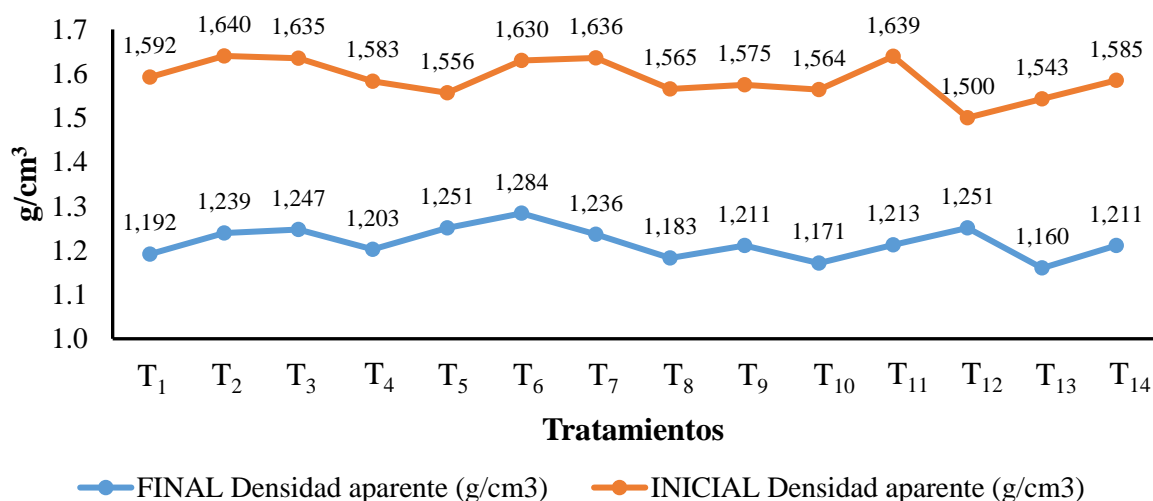


Figura 5. Promedios de densidad aparente inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.2.2. Porcentaje de porosidad

Al realizar la prueba de ANVA mostradas anteriormente en la Tabla 9, se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para el nivel de significancia utilizado en la prueba estadística ($\alpha > 0,05$), por lo que podemos afirmar que todos los tratamientos tienen un efecto similar en el porcentaje de porosidad. En general, el análisis sugiere que los tratamientos no muestran un efecto significativo en ninguna de las dos variables. Esto puede indicar que las condiciones de los bloques son más relevantes en este experimento.

Para el R² inicial el 33 % de la variabilidad en el porcentaje de porosidad se explica por los bloques y tratamientos considerados. El coeficiente de variación con un valor de 33 % indica una variabilidad moderada y para el valor de R² final fue de 32 % indica que la variabilidad en el porcentaje de porosidad es explicada por las variables analizadas, lo que

indica una cantidad moderada de aplicabilidad de los datos. El C.V. con un valor de 32 % indica una variabilidad moderada.

En la prueba DGC ($\alpha = 0,05$) mostrada en la Tabla 11 para la variable porcentaje de porosidad no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados a la investigación debido a que todos los tratamientos se encuentran perteneciendo al mismo grupo de significancia, El tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) presenta la mayor media con un 56,23 %, seguido por T₁₀ (5 g de Resid MG + Fertilización NPK) con 55,80 %. Los tratamientos que incluyen fertilización NPK tienden a tener mayores valores de porosidad. Los tratamientos con diferentes cantidades de material orgánico Resid MG y *N. sphaericum* muestran una tendencia a menores niveles de porosidad, en comparación con los que llevan solo fertilización NPK. En resumen, la fertilización con NPK parece ser la más efectiva para aumentar la porosidad del suelo en los tratamientos evaluados.

Tabla 11. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a porcentaje de porosidad

Trat.	Descripción	Medias	E.E	Sig.
T ₁₃	Fertilización NPK	56,23	1,82	a
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	55,80	1,82	a
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	55,37	1,82	a
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	55,03	1,82	a
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	54,62	1,82	a
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	54,31	1,82	a
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	54,30	1,82	a
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	54,24	1,82	a
T ₇	5,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	53,35	1,82	a
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	53,23	1,82	a
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	52,93	1,82	a
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	52,81	1,82	a
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	52,80	1,82	a
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	51,55	1,82	a

Como se observa en la Figura 6, las barras naranjas indican el porcentaje de porosidad para cada tratamiento. Los valores varían entre 51,55 % para el tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y 56,23 % para el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK), con el T₁₃ mostrando la mayor porosidad. La mayoría de los tratamientos presentan porcentajes que oscilan entre 52 % y 55 %, sugiriendo que todos tienen un nivel similar en cuanto a porosidad, exceptuando algunos extremos.

Los valores más bajos de densidad aparente varían entre 1,16 g/cm³ con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) y 1,28 g/cm³ con el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), lo que indica que los tratamientos con mayor porosidad

tienden a tener una menor densidad aparente. Esto es coherente con la relación que existe entre la densidad aparente y el porcentaje de porosidad que sostiene: una mayor porosidad suele estar asociada con una menor densidad, ya que hay más espacio para el aire o el agua en el suelo.

Se puede observar que tratamientos como T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) y T₁₃ (Fertilización NPK) tienen un alto porcentaje de porosidad, mientras que su densidad aparente es baja, lo que puede ser beneficioso para la retención de agua y la aireación del suelo. Tratamientos como T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) muestran el porcentaje más bajo de porosidad, lo que indica que en general, la densidad aparente tiende a ser mayor en esos casos.

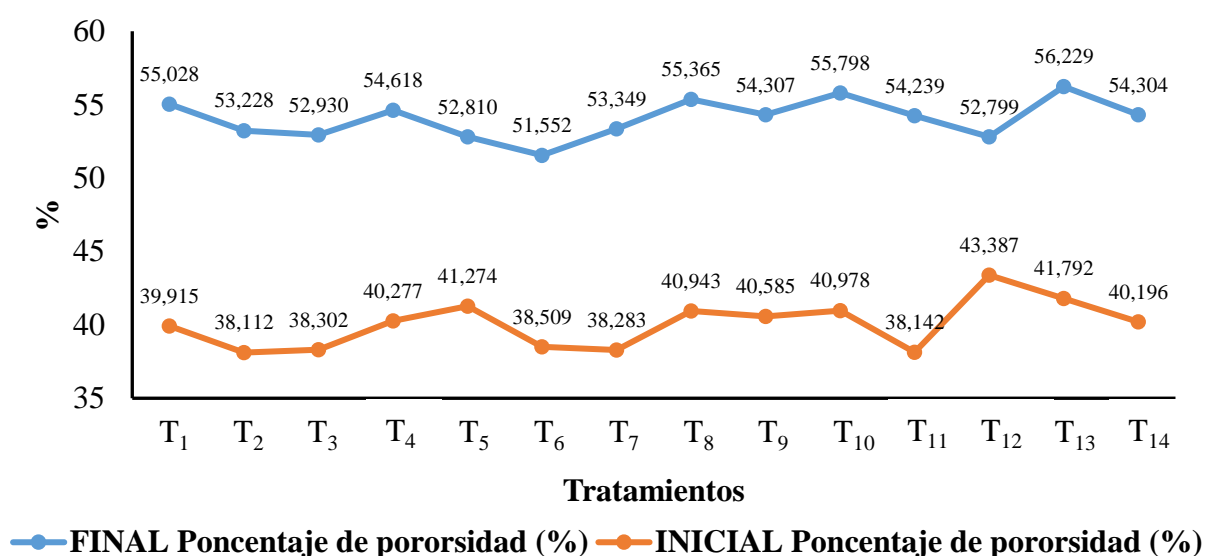


Figura 6. Promedios de porcentaje de porosidad inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Los valores iniciales de porcentaje de porosidad oscilan entre 38,11 % para el tratamiento T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) y 43,39 % para el tratamiento T₁₂ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), los porcentajes finales son más altos, oscilando entre 51,55 % para el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*)) y 56,23 % para el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización), la porosidad final muestra una tendencia general al incremento. Los tratamientos tienden a promover un aumento significativo en la porosidad a medida que se avanza de los tratamientos iniciales a los finales. Al comparar T₁ (100,00 g de *Nostoc*

sphaericum), la porosidad aumenta de 39,92 % a 55,03 %, lo que representa un incremento considerable, similarmente, el tratamiento T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) muestra un aumento de 38,14 % (inicial) a 54,24 % (final). Todos los tratamientos presentan mejoras en la porosidad, lo que indica que los tratamientos aplicados tienen un impacto positivo en la estructura del suelo. La tendencia ascendente de la línea azul sugiere que hay un efecto acumulativo en la porosidad con el tratamiento, aun cuando hay leves fluctuaciones en ciertos puntos (T₄, T₇, y T₉).

Los tratamientos estudiados parecen aumentar efectivamente la porosidad del sustrato. Esto puede estar relacionado con mejoras en la calidad del suelo, favoreciendo su aireación y retención de agua. La clara diferencia entre los porcentajes iniciales y finales refuerza la idea de que los tratamientos tienen un efecto benéfico. En todos los casos, los valores finales son significativamente más altos que los iniciales. Los resultados sugieren que la aplicación de *Nostoc sphaericum* y *Glomus iranicum*, tienen un efecto positivo en el aumento del porcentaje de porosidad del suelo. Las mejoras en porosidad son importantes para el manejo del agua y la salud general del ecosistema del suelo esto favorece no solo la calidad del cultivo sino también la sostenibilidad del agroecosistema. La relación inversa entre porosidad y densidad aparente es evidente y sugiere que la elección de tratamientos influye en la estructura del suelo. En términos de manejo de suelo, estos resultados pueden guiar decisiones sobre qué combinaciones de tratamientos pueden ser más efectivas para mejorar la calidad del suelo en función de la porosidad y la densidad.

Según Breland (como se citó en Martín & Rivera, 2015), mencionan que los abonos verdes y cultivos de cobertura tiene un efecto beneficioso en las características físicas del suelo como son la agregación, capacidad de retención del agua, densidad, velocidad de infiltración y aireación. Mediante la preparación biológica del suelo por mediante la utilización de los abonos verdes, ayuda a mejorar la descompactación del suelo, incrementando su porosidad, mejorando la aireación, incrementando el índice de infiltración de agua, induciendo a la mejora del drenaje y facilitando la penetración del sistema radicular de las plantas. Calegari y Pavan (como se citó en Martín & Rivera, 2015), señalan que en muchas investigaciones realizadas a quedado demostrado que la adición de los llamados abonos verdes y cultivos de cobertura al suelo han logrado aumentar la cantidad de agregados y los tamaños de estos en diferentes ecosistemas. Al utilizar la rotación Vicia-maíz logro ser la asociación más efectiva para lograr la estabilización de los agregados, lo que se vio reflejado en el rendimiento del maíz.

4.3. Efecto de la inoculación de *N. Sphaericum* (cushuro) y micorrizas en las propiedades químicas del suelo

4.3.1. Análisis de suelos antes de la quema, después de la quema y al finalizar la investigación

En el análisis del suelo mostrado en la Tabla 12 se puede apreciar los resultados tanto al inicio antes de llevar a cabo la quema del suelo, después de la quema y al finalizar el experimento podemos observar que el pH inicial es de 4,22 que se encuentra dentro del rango considerado como fuertemente ácido, el valor de pH luego de la quema se encuentra dentro de los rangos de 4,45 a 4,80 que también son rangos considerados suelos fuertemente ácidos y al finalizar el experimento el análisis de suelo mostró rangos de entre 3,71 con el tratamiento T₁₀ a 4,18 con el tratamiento T₂ encontrándose nuevamente en el grupo de suelos considerados fuertemente ácidos, esto sugiere que los tratamientos aplicados no resultaron siendo los efectivos para incrementar los porcentajes de pH en el suelo.

La conductividad eléctrica encontrada en el análisis antes de la quema del suelo tiene un promedio de 0,237 dS/m, después de la quema los promedios encontrados fueron de 55 y por último los valores de conductividad eléctrica encontrados al finalizar el experimento varían de 0,20 dS/m con el tratamiento T₈ y 0,33 dS/m con el tratamiento T₁₂, todos los promedios obtenidos se encuentran dentro del rango de 0 – 2 de conductividad considerados como normales por lo que no presentan problemas de acumulación de sales. Los suelos con estos niveles de conductividad eléctrica no presentan restricciones para ningún cultivo

El contenido de MO en el análisis antes de la quema del suelo fue de 0,68 % lo que indica que se encuentra dentro de un rango bajo, luego de la quema el contenido de M.O. se encontró dentro de los rangos de 2,21 % a 3,42 % lo que indica un rango medio, este incremento es básicamente debido al aporte de las cenizas producto de la quema, sin embargo este contenido de M.O. resulta ser engañosa ya que las cenizas se pierden muy rápido por efecto de factores como el viento y la lluvia lo que podría llevar a que más adelante el porcentaje de M.O. disminuya. Luego se observa que los rangos de M.O. al finalizar el experimento oscilan entre 2,22 % con el tratamiento T₁₀ y 2,77 % con el tratamiento T₆, esto indica que a pesar de que la M.O. inicial producto de la ceniza se haya perdido el contenido de M.O. al final del experimento se incrementó producto de la aplicación de los tratamientos estudiados.

Tabla 12. Análisis de suelo antes de la quema, después de la quema y al finalizar el experimento

	Clase Textural	pH	CE dS/m	M.O.	N	C	P		K	CIC	Cambiabiles					CICe	Bases		Acidos	Saturación de					
							1;1	1;1			%	%	%	P ppm	K ppm		Ca	Mg	K	Cmol(+)/kg			%	%	%
																				Na	Al	H			
Inicial	Franco	4,22	0,237	0,677	0,034	0,393	8,354	55,862	4,083	1,357	0,212	0,061	0,053	2,160	0,240	4,083	41,221	58,779	52,901						
despues de quemar	T1	Franco	4,72	0,250	2,498	0,125	1,449	8,479	66,259	4,389	1,765	0,286	0,066	0,042	0,735	1,495	4,389	48,517	51,483	16,843					
	T2	Franco	4,62	0,205	2,833	0,142	1,643	9,306	66,960	4,217	1,032	0,261	0,046	0,039	1,009	1,830	4,217	33,373	66,627	23,634					
	T3	Franco	4,55	0,233	2,695	0,135	1,563	5,466	43,204	4,192	1,141	0,239	0,038	0,022	0,894	1,858	4,192	36,443	63,557	20,582					
	T4	Franco	4,55	0,248	3,015	0,151	1,749	5,976	60,897	4,466	0,972	0,250	0,070	0,053	0,840	2,280	4,466	30,222	69,778	19,517					
	T5	Franco	4,55	0,263	2,960	0,148	1,717	8,076	75,238	4,818	1,395	0,300	0,100	0,067	1,179	1,778	4,818	38,456	61,544	24,602					
	T6	Franco	4,80	0,280	3,415	0,157	1,817	6,273	56,438	4,175	1,496	0,292	0,083	0,056	0,684	1,563	4,175	46,661	53,339	16,144					
	T7	Franco	4,64	0,225	3,133	0,171	1,981	5,912	59,232	4,362	1,125	0,254	0,050	0,036	1,058	1,840	4,362	33,642	66,358	24,249					
	T8	Franco	4,66	0,278	2,825	0,141	1,639	8,564	50,932	4,224	1,037	0,276	0,056	0,046	1,326	1,483	4,224	35,829	64,171	30,796					
	T9	Franco	4,47	0,165	2,708	0,135	1,570	8,818	62,734	4,383	0,891	0,241	0,043	0,029	1,564	1,615	4,383	28,542	71,458	35,441					
	T10	Franco	4,75	0,170	3,070	0,154	1,781	10,133	60,723	4,221	1,320	0,269	0,051	0,043	0,709	1,830	4,221	40,004	59,996	16,683					
	T11	Franco	4,58	0,188	2,835	0,142	1,644	9,030	64,904	4,439	1,116	0,262	0,055	0,045	0,791	2,170	4,439	32,997	67,003	18,250					
	T12	Franco	4,45	0,185	3,215	0,161	1,865	5,891	59,078	4,507	0,859	0,241	0,073	0,048	1,016	2,270	4,507	27,678	72,322	22,547					
	T13	Franco	4,55	0,175	3,155	0,158	1,830	6,379	75,501	4,107	1,038	0,271	0,056	0,037	0,960	1,745	4,107	34,148	65,852	23,763					
	T14	Franco	4,63	0,293	2,212	0,111	1,710	8,033	82,017	4,561	1,299	0,255	0,112	0,089	0,806	2,000	4,561	38,689	61,311	17,784					
final del experimento	T1	Franco	4,06	0,273	2,271	0,114	1,318	11,148	93,262	6,030	3,564	0,598	0,159	0,093	0,928	0,688	6,030	73,367	26,633	15,323					
	T2	Franco	4,18	0,216	2,239	0,116	1,299	10,563	120,121	4,699	2,637	0,397	0,142	0,081	0,626	0,815	4,699	69,221	30,779	13,361					
	T3	Franco	3,95	0,239	2,353	0,118	1,365	11,461	130,169	3,984	1,757	0,223	0,158	0,038	1,026	0,783	3,984	54,669	45,331	25,699					
	T4	Franco	3,86	0,318	2,304	0,115	1,609	9,278	123,033	3,099	1,111	0,208	0,211	0,077	0,924	0,568	3,099	53,232	46,768	29,429					
	T5	Franco	3,79	0,294	2,645	0,132	1,534	8,914	134,568	3,758	1,507	0,219	0,171	0,028	0,953	0,880	3,758	50,815	49,185	25,387					
	T6	Franco	3,81	0,291	2,774	0,139	1,336	8,559	134,733	3,067	0,853	0,193	0,158	0,031	0,954	0,878	3,067	40,067	59,933	31,392					
	T7	Franco	4,08	0,239	2,580	0,129	1,496	10,376	123,496	3,501	1,728	0,274	0,163	0,032	0,739	0,565	3,501	62,647	37,353	21,073					
	T8	Franco	3,90	0,201	2,207	0,110	1,280	9,331	102,496	3,222	0,986	0,228	0,129	0,046	0,951	0,883	3,222	43,605	56,395	29,100					
	T9	Franco	3,89	0,210	2,320	0,116	1,346	10,016	127,804	3,886	1,527	0,201	0,138	0,035	1,014	0,973	3,886	48,421	51,579	26,399					
	T10	Franco	3,71	0,333	2,223	0,111	1,289	9,055	123,646	3,317	0,898	0,216	0,162	0,041	0,975	1,025	3,317	39,984	60,016	29,471					
	T11	Franco	3,93	0,306	2,563	0,128	1,487	10,605	129,325	3,918	1,831	0,268	0,162	0,051	0,883	0,723	3,918	58,953	41,047	22,618					
	T12	Franco	3,88	0,334	2,271	0,114	1,318	10,953	132,685	3,153	1,102	0,230	0,145	0,040	0,941	0,695	3,153	47,695	52,305	29,942					
	T13	Franco	3,91	0,318	2,369	0,118	1,374	15,262	124,896	3,005	0,917	0,188	0,144	0,028	0,739	0,990	3,005	42,671	57,329	23,933					
	T14	Franco	3,92	0,233	2,401	0,120	1,393	8,413	113,056	3,308	1,038	0,196	0,124	0,033	0,851	1,065	3,308	42,885	57,115	25,469					

Leyenda:

T1: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T2: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T3: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T4: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T5: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T6: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T7: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T8: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T9: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T10: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T11: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T12: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T13: Fertilización NPK (20-20-20)

T14: Testigo (sin fertilización)

El Potasio encontrado en el análisis de suelo antes de la quema fue de 55,86 ppm lo que significa que se encuentra dentro del nivel de contenido de K bajo. Después de la quema del suelo se encontró niveles bajos de este nutriente oscilando entre 43,20 ppm y 80,02 ppm, después de la quema del suelo el tratamiento T₁ presentó el promedio más bajo con 93,26 rango considerado como bajo, los otros 13 resultados encontrados tuvieron promedio entre 102,49 ppm y 134,73 ppm estos rangos se consideran como medios.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) considera a los rangos que se encuentran de 0 a 10 meq/100g de suelo como bajos, los análisis de suelo realizados antes de la quema, después de la quema y al finalizar la investigación arrojaron rangos de CIC por debajo de 10 meq/100 g de suelo. Por lo tanto, podemos decir que el suelo desde el inicio hasta el final se encontró dentro de la clasificación de muy bajo por lo que según esto son suelos considerados como muy pobres en su capacidad de retener o intercambiar nutrientes en la fase soluble del suelo.

La CICE está conformada por la suma de los llamados cationes cambiabiles como el Ca, Mg, K, Na, Al, H. En el análisis realizado se encontraron que los niveles de Ca en los tres análisis realizados se encuentran con niveles menores a 3,00 Cmol(+)/kg lo que se considera como un rango deficiente, el magnesio de igual manera en los tres análisis realizados se encuentran con niveles por debajo de 1,50 Cmol(+)/kg considerado como un suelo con deficiencias de Mg, en cuanto al K estos presentaron niveles menores a 0,20 Cmol(+)/kg en los tres análisis realizados por lo que se puede decir que presenta deficiencias de este nutriente, referente al Na se le encuentran con niveles menores a 1,00 Cmol(+)/kg por lo que podemos decir que se encuentra en un rango considerado ideal y no presentarán problemas de acumulación de sales ya que la conductividad eléctrica estarán en rangos normales, el contenido de Al antes de la quema se encontró con un nivel de 2,16 Cmol(+)/kg lo que corresponde a un rango alto ya que el nivel ideal es de menor a 1,00 Cmol(+)/kg, en los análisis realizados después de la quema se encontraron en general dentro del nivel ideal y al finalizar la investigación los tratamientos T₂, T₅, T₇, T₈, T₉ y T₁₂ se encontraron por encima del nivel ideal.

4.3.2. Materia orgánica

Al realizar prueba de ANVA Tabla 13 con un nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), respecto a los tratamientos en estudio muestran un P-valor de 0,561 que es mayor al nivel de significancia por lo tanto esto indica que no existe diferencias estadísticas significativas por lo que se infiere que los tratamientos en estudio estadísticamente no tuvieron un efecto significativo en el contenido de M.O. en el suelo. Así mismo se observa que el C.V. es de 15,50

% encontrándose dentro de un nivel de variación medio para experimentos conducidos en campo, así lo menciona Pimentel (1985), citado por Gordón y Camargo (2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, y el R^2 de 0,43 esto refiere a que un 43 % tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable respuesta y el 57 % de dependencia es por otros factores. Según Di Rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

La interpretación de los datos de la Tabla 14 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), sugiere que, al analizar los tratamientos aplicados y sus respectivos efectos sobre el contenido de M.O. en el suelo. Todos los tratamientos tienen un solo grupo de significancia, lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos en términos de contenido de M.O.. Esto implica que, a pesar de las variaciones en las medias, los tratamientos no están separados en grupos distintos según el análisis DGC (Diferencias significativas entre múltiples comparaciones) con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0,05$). El tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) tiene la media más alta con 2,78 %, mientras que el T₈ (Testigo (sin fertilización)) presenta la media más baja con 2,21 %. Esto sugiere que algunos tratamientos como el T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) son más efectivos en incrementar el contenido de M.O. en comparación con otros tratamientos, aunque todos están en el mismo grupo significativo. La media más baja de un tratamiento en particular puede sugerir la necesidad de reevaluar las prácticas aplicadas a ese bloque o tratamiento para mejorar la calidad del suelo. Si un tratamiento produce menos M.O., podría tener consecuencias para la fertilidad y la salud del suelo.

La Tabla 12 muestra que los valores de M.O. antes del rozo son de 0,67 %, lo que señala un nivel bajo. Luego, el porcentaje de M.O. tras la quema se eleva a valores medios entre 2,49 para el tratamiento T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) y 3,415 % para el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), lo que señala que se ubican en un nivel medio. Esto sugiere que la actividad de la quema influye en el contenido de la M.O. al respecto Shepherd et al. (2001) encontraron en su investigación que con fuegos poco intensos se puede tener un efecto de incremento de M.O. por la acumulación sobre el suelo del combustible forestal en forma de cenizas tal como lo señala. Forbes et al. (2006) mencionan que el fuego no sólo modifica la cantidad de la M.O. también altera la calidad de esta, debido a que incrementa las tasas de mineralización del C orgánico y a su vez modifica las tasas de descomposición post incendio, debido al incremento de la temperatura por lo que el humus pasa por una serie de modificaciones haciéndose más resistente a la degradación microbiana.

Tabla 13. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al análisis se suelo al final de experimento

Fuente de Variación	G.L.	M.O.		pH		N		P		K		CIC		Sat de Al	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	0,81	0,002	0,17	0,043	2,00E-03	0,002	11,87	0,69	118,9	0,710	0,04	0,836	217,24	0,041
Tratamiento	13	0,12	0,561	0,06	0,426	3,10E-04	0,556	20,21	0,63	581,7	0,025	2,68	<0,0001	115,60	0,123
Error	39	0,14		0,06		3,40E-04		24,41		256,8		0,15		71,66	
Total	55														
C.V.		15,54		6,03		15,5		49,08		13,09		10,41		34,00	
R ²		0,43		0,37		0,43		0,24		0,44		0,80		0,44	

Tabla 14. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo potasio, CIC y saturación de aluminio en el suelo

Materia orgánica			pH			Nitrógeno			Fósforo			Potasio			CIC			Sat. De Aluminio		
Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig
T ₄	2,78	a	T ₂	4,18	a	T ₆	0,139	a	T ₁₃	15,26	a	T ₆	134,73	a	T ₁	6,03	a	T ₆	31,39	a
T ₅	2,65	a	T ₇	4,08	a	T ₅	0,132	a	T ₄	13,28	a	T ₅	134,57	a	T ₂	4,70	b	T ₁₂	29,94	a
T ₇	2,58	a	T ₁	4,06	a	T ₇	0,129	a	T ₃	11,46	a	T ₁₁	132,68	a	T ₃	3,98	c	T ₁₀	29,47	a
T ₁₁	2,57	a	T ₃	3,95	a	T ₁₁	0,128	a	T ₁	11,15	a	T ₃	130,17	a	T ₁₁	3,92	c	T ₄	29,43	a
T ₁₃	2,37	a	T ₁₁	3,93	a	T ₁₄	0,120	a	T ₁₁	10,61	a	T ₁₀	129,33	a	T ₉	3,89	c	T ₈	29,10	a
T ₃	2,36	a	T ₁₄	3,92	a	T ₁₃	0,118	a	T ₂	10,56	a	T ₉	127,80	a	T ₅	3,76	c	T ₉	26,40	a
T ₉	2,32	a	T ₁₃	3,91	a	T ₃	0,118	a	T ₇	10,38	a	T ₁₃	124,90	a	T ₇	3,50	d	T ₃	25,70	a
T ₆	2,31	a	T ₈	3,90	a	T ₉	0,116	a	T ₈	9,33	a	T ₁₂	123,65	a	T ₁₀	3,32	d	T ₁₄	25,47	a
T ₁	2,27	a	T ₉	3,89	a	T ₄	0,115	a	T ₅	8,91	a	T ₇	123,50	a	T ₁₄	3,31	d	T ₅	25,39	a
T ₁₂	2,27	a	T ₁₂	3,88	a	T ₁	0,114	a	T ₆	8,56	a	T ₄	123,03	a	T ₈	3,22	d	T ₁₃	23,93	a
T ₂	2,24	a	T ₄	3,86	a	T ₁₂	0,114	a	T ₁₄	8,41	a	T ₂	120,12	a	T ₁₂	3,15	d	T ₁₁	22,62	a
T ₁₀	2,22	a	T ₆	3,81	a	T ₂	0,114	a	T ₉	8,02	a	T ₁₄	113,06	a	T ₄	3,10	d	T ₇	21,07	a
T ₈	2,21	a	T ₅	3,79	a	T ₁₀	0,111	a	T ₁₂	7,95	a	T ₈	102,50	b	T ₆	3,07	d	T ₁	15,32	a
T ₁₄	2,21	a	T ₁₀	3,71	a	T ₈	0,110	a	T ₁₀	7,06	a	T ₁	93,26	b	T ₁₃	3,01	d	T ₂	13,36	a
E.E.	0,19		E.E.	0,12		E.E.	0,01		E.E.	2,47		E.E.	8,01		E.E.	0,19		E.E.	4,23	

Leyenda:**T₁:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum***T₂:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum***T₃:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum***T₄:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₅:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₆:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₇:** 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₈:** 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₉:** 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₁₀:** 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₁:** 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₂:** 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₃:** Fertilización NPK (20-20-20)**T₁₄:** Testigo (sin fertilización)

Al finalizar el experimento, se registraron valores del 2,77 % con el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y 2,21 % con el tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG® *Glomus iranicum*) que se encuentran en el rango medio. Se puede apreciar una leve reducción en el contenido de M.O. debido a la pérdida de la ceniza a causa de elementos como el viento y las lluvias que gradualmente lo arrastraron y lavaron durante el transcurso del tiempo de realización del experimento. No obstante, la incorporación de nueva M.O. proveniente puede darse por las dosis de *N. sphaericum*, por la incorporación de este al suelo a través de la actividad biológica, así como también puede ser atribuida a la actividad biológica como tal, y por la aparición de nuevas plantas post incendio que ayudaron a mantener el buen contenido de M.O. en las parcelas en estudio por la descomposición de los restos vegetales que se adhieren al suelo. El T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), que implicó la aplicación del máximo nivel de *N. sphaericum*, presenta el contenido más alto de M.O. al terminar el experimento, lo que indica que este método es el más eficaz para incrementar el contenido de M.O. en el suelo en comparación con los demás tratamientos.

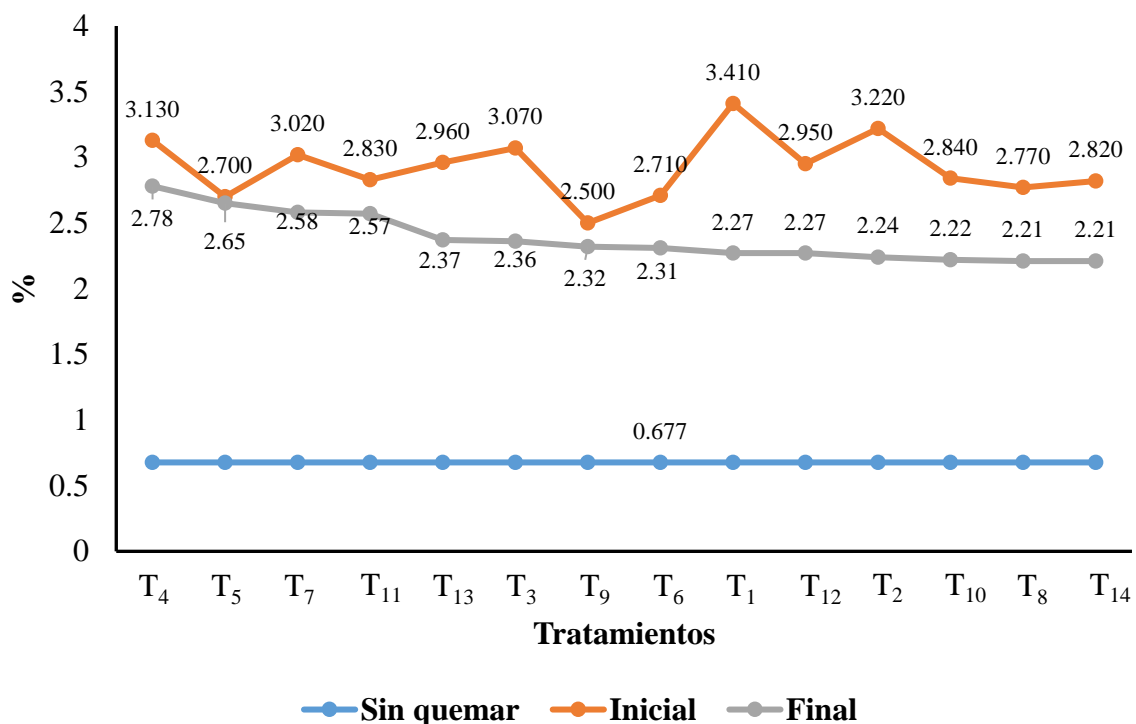


Figura 7. Promedios de materia orgánica sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

En la Figura 7 se observa que la línea naranja que representa a la parte inicial del experimento después de realizar la quema de la vegetación presenta fluctuaciones, con valores que alcanzan hasta 3,5 % de M.O. Esto sugiere que los tratamientos iniciales tienen un contenido de M.O. más variable, con picos en ciertos tratamientos. La línea gris muestra un contenido de M.O. que es más alto que la línea azul, pero más bajo que la línea roja. Esto indica que, aunque hay un aumento en la M.O. en los tratamientos finales, no alcanza los niveles de los tratamientos iniciales.

4.3.3. pH

Cómo se observa en la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 13, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio sobre el valor de pH. Respecto al C.V. para este parámetro estudiado se obtuvo un C.V. de 6,03 % por lo que podemos afirmar que se encuentra dentro de un rango de variación bajo para experimentos conducidos en campo, así lo señala Pimentel (como se citó en Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el R^2 de 0,37 este valor indica que un 37 % tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable respuesta y el 63 % muestra una dependencia de otros factores. Según Di Rienzo et al., (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la Tabla 14 Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se determinó que no existe diferencias estadísticas significativas entre los promedios de los valores de pH con relación a los tratamientos evaluados referentes a la investigación realizada, lo que sugiere que los tratamientos en estudio no tuvieron un efecto diferente entre ellos. Si bien no encontramos diferencias significativas en el pH, probablemente es poco el tiempo de la instalación de los tratamientos al momento de este estudio a nivel de los análisis, cabe resaltar que este suelo proviene de un suelo con cultivo de *Erythroxylum coca* (coca) el cual hace que su capacidad de acidez este fuerte en el área. La mayoría de las investigaciones coinciden en que el pH del suelo aumenta después de las quemas, pero disminuye poco tiempo después. En la Tabla 12 se manifiesta que el suelo tenía un pH de 4,22 (Extremadamente ácido) antes del proceso de quema, ya después de la quema los suelos oscilaron 4,47 a 4,80 pasando a ser muy fuertemente ácidos y esto lo verifico Tester (1989) al descubrir que el fuego aumenta el pH del suelo debido a la ceniza básica, Pastor et al. (2017) indica que las cenizas resultantes de la vegetación quemada contienen cationes básicos los cuales incrementan de manera temporal el pH del suelo; sin embargo al finalizar el experimento hubo una disminución del pH entre 3,71 a 4,18 que se

pasa de un suelo muy fuertemente ácidos a extremadamente ácidos por efecto de la temperatura. Esta disminución se debe a lo que Valencia et al. (2017) verificaron al estudiar el cambio de las propiedades geotécnicas de un suelo en la cual mostro claramente que el suelo se torna más ácido, pues manifiesta que el incremento de pH en un primer momento no se mantiene en el tiempo es decir no persiste, debido principalmente a la formación de nuevo humus y el lavado de los iones básicos; aunque en algunos casos se han necesitado 50 años para recuperar el pH inicial. El tratamiento T₂ (200 g de *Nostoc sphaericum*) con una media de 4,18 presenta el pH más alto, lo que sugiere que este tratamiento contribuye a un aumento en la alcalinidad del suelo, seguido del tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) con una media de 4,08 y el tratamiento T₁ (100 g de *Nostoc sphaericum* con una media de 4,06 también muestran pH relativamente altos y resultados positivos en el contenido de M.O. El tratamiento con menor promedio es el T₁₀ (5 g de Resid MG + Fertilización NPK) tiene el pH más bajo con un promedio de 3,71, indicando una mayor acidez en comparación con los demás tratamientos. Los tratamientos T₅ (200 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media igual a 3,79 y el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 3,81 también son ácidos, sugiriendo que la utilización de micorrizas arbusculares en estas cantidades puede influir en la reducción del pH. El tratamiento T₁₄ (testigo sin fertilización), obtuvo una media de 3,92 muestra un pH similar al de algunos tratamientos que incluyen fertilización. Esto sugiere que la falta de insumos no impacta dramáticamente en el pH del suelo en todas las condiciones.

La mayor concentración de *N. sphaericum* en los tratamientos T₂, T₇ y T₁ puede estar favoreciendo la alcalinidad del suelo. Este microorganismo puede contribuir a la captura de N y a la fijación de C, lo que potencialmente aumenta el pH del medio. Así mismo, el uso de micorrizas arbusculares (Resid MG) tiende a reducir el pH, lo que sugiere que la descomposición de M.O. puede liberar ácidos orgánicos, contribuyendo a una mayor acidez. Por último, la Fertilización NPK, aunque ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas, puede influir en el pH dependiendo de la formulación y la interacción con el suelo. Su efecto en los tratamientos podría ser doble, mejorando el pH en algunos casos mientras lo disminuye en otros debido a interacciones específicas en el medio.

Los niveles de pH iniciales en la parcela experimental como lo muestra la Figura 8 se encontraron dentro de un rango considerado como bajo teniendo un valor de 4,22, esto debido al historial de la parcela experimental en la que anteriormente se tenía como cultivo la planta de *Erythroxylum coca* (coca) del cual se conoce que uno de los efectos en las propiedades químicas del suelo es la acidificación y el incremento del Al intercambiable

producto del manejo convencional que se le da al cultivo, esto se puede observar en la Tabla 20. De igual manera en la Tabla 12 se observan que el pH correspondiente al análisis de suelo después de la quema se encuentra en rango de entre 4,45 para el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y 4,80 para el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), estos promedios son ligeramente más altos que el obtenido en el análisis de suelo inicial antes de la quema y se debe a la acción de las cenizas que actúan como un fuente de carbonato potásico (CO₃K₂), que por ser de un ácido débil y una base fuerte estas presentan una reacción básica al hidrolizarse lo que incrementa el pH, sin embargo estos incrementos se ven afectados por el efecto de las lluvias intensas que lavan los cationes, lo que ocasiona un descenso abrupto del pH que incluso pueden registrar valores inferiores a los registrados antes de la quema, así lo manifiestan (Afif y Oliveira, 2006; Rosero y Osorio, 2013). Esto se evidencia en los resultados obtenidos al finalizar el experimento donde se obtuvo valores promedios de 3,71 (T₁₀) y 4,18 (T₂).

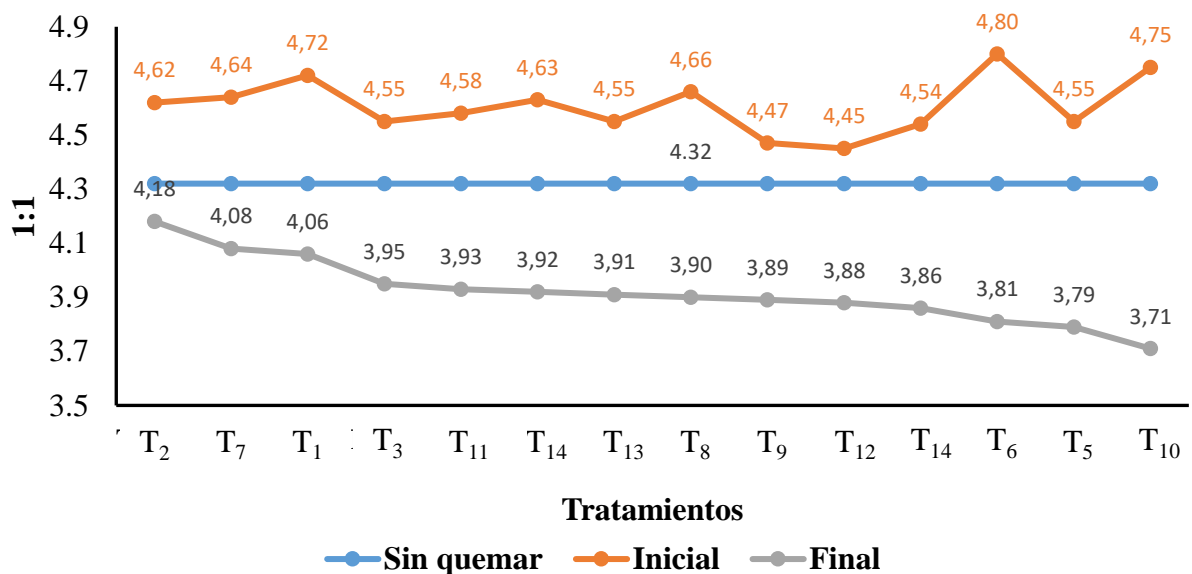


Figura 8. Promedios de pH sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.3.4. Nitrógeno

Según los resultados obtenidos mediante la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) y como se muestra en la Tabla 13, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio para la variable N en el suelo ya que se observa un P-valor de 0,556

por lo que podemos afirmar que todos los tratamientos tienen un efecto similar en el contenido de N en el suelo. El C.V. para este parámetro fue de 15,50 % por lo que podemos afirmar que se encuentra dentro de un rango de variación medio para experimentos conducidos en campo, así lo menciona Pimentel (como se citó en Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el valor de $R^2 = 0,43$ indica que el 43 % del experimento tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable estudiada y el 57 % muestra una dependencia relacionada a otros factores. Según Di Rienzo et al., (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la Tabla 14 se muestra la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), se encontró que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias analizadas. Por lo tanto, se puede afirmar que todos los tratamientos tienen el mismo efecto en el contenido de N en el suelo. Los tratamientos T₆ (400 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) tiene el mayor contenido de N promedio con 0,139 % de N en el suelo, lo que indica que esta combinación es muy efectiva, el tratamiento T₅ (200 g de *Nostoc sphaericum*+ Fertilización NPK) también muestra un buen rendimiento con un promedio de 0,13 %. Además, se observa que los tratamientos que contienen Resid MG como el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) y T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) tienen promedios de N en el suelo de 0,13 %. Aunque son inferiores al T₆ y T₅, sugieren que aún con pequeñas cantidades pueden contribuir a incrementar el contenido de N. El tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) presenta un promedio de 0,12 %, lo que sugiere que la ausencia de insumos orgánicos y químicos tiene un impacto inferior en comparación con los tratamientos que utilizan fertilización. Por último, los promedios de N varían desde 0,11 T₈ (10,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) hasta 0,14 con el tratamiento T₆ (400 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK). Esto sugiere que hay una variabilidad significativa en la efectividad de los tratamientos aplicados. La combinación de *N. sphaericum* con fertilización NPK parece ser la más eficaz para aumentar el contenido de N en el sustrato y el uso de Resid MG sugieren que puede de manera moderada contribuir al contenido total de N.

En la Figura 9 se observa que los tratamientos a base de *N. sphaericum* fueron mejores al tratamiento testigo ya que sus promedios de porcentaje de N en el suelo fueron mayores al testigo. Este incremento en el contenido de N en el suelo se debe a las células heterocistas con las que cuenta la cianobacteria y estas células al ser extensas requieren fijar nitrógeno debido a que en los heterocistas no existe fotosistema (Irisarri et al. 2008; Martínez, 2014). Así mismo Lazo (2018) señala que los efectos agronómicos de las cianobacterias, es

actuar como estimulantes en la germinación, posibilitan una mayor producción, el contenido en clorofila y capacidad fotosintética mayor y posee una mayor captación de nutrientes. De igual manera el tratamiento T₆ presenta el mayor porcentaje de N en el suelo con el mismo nivel de cushuro aplicado, cabe resaltar el T₆ cuenta con la aplicación de un fertilizante nitrogenado a dosis recomendada de 5 g/planta, esto pudo haber influido a que este tratamiento obtenga el mejor porcentaje de N en el suelo. En resumen, el estudio revela que la inoculación de cushuro en los niveles aplicado al suelo tiene un efecto benéfico en la fijación y recuperación y disponibilidad de N en el suelo.

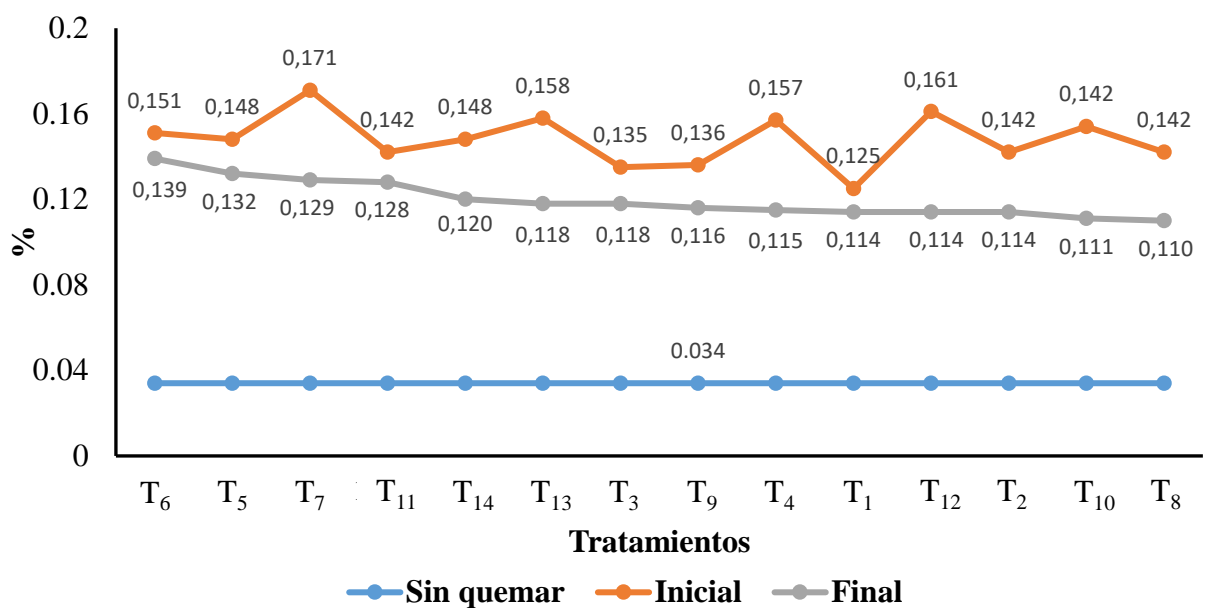


Figura 9. Promedios de nitrógeno sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

4.3.5. Fósforo

Al realizar la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) y como se muestra en la Tabla 13, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio ya que el P-valor es mayor que el valor de significancia ($\alpha = 0,05$), esto significa que tanto con los bloques y los tratamientos en estudio se puede obtener los mismos resultados de contenido de P en el suelo. El C.V. para este parámetro fue de 49,08 % por lo que podemos mencionar que existe una alta heterogeneidad en los valores de la variable estudiada. Esto significa que existe

una gran dispersión relativa en los datos en comparación con la media, lo que sugiere que los valores pueden variar considerablemente entre sí, así lo menciona Pimentel (como se citó Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el valor de R^2 de 0,24 indica que el 24 % del experimento tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable estudiada y el 76 % muestra una dependencia relacionada a otros factores asociados al experimento. Según Di Rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

Como se observa los resultados de la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 14, se determinó los promedios de los valores de P en el suelo para los tratamientos en estudio durante el trabajo de tesis realizado. El análisis muestra las medias donde se indican que el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con 15,26 ppm de P presenta el mejor promedio en comparación al resto de los tratamientos, por lo tanto, se demuestra que la aplicación de este tratamiento resulta el mejor en cuanto al incremento de P en el suelo.

En la Tabla 14, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados puesto que solo se encontró un grupo de significancia, esto sugiere que tanto con la inoculación y aplicación de los tratamientos en estudio se puede obtener los mismos resultados para el contenido de P en el suelo. El P se fija en el suelo principalmente por su fuerte unión a partículas del suelo, como el Al, Fe, Mn y Ca. Esta fijación puede limitar su disponibilidad para las plantas, ya que el P generalmente se encuentra unido a la M.O. o a las partículas del suelo, haciendo que su absorción sea más difícil. Las raíces de los cultivos pueden absorber P solo en un rango muy cercano, a menos de 2 a 4 mm de distancia del suelo.

Según los datos obtenidos en la Figura 10 se observa que tanto la inoculación de *N sphaericum* y la inoculación de micorrizas arbusculares resultaron favorables para los resultados obtenidos de P disponible en el suelo, siendo para el cushuro el tratamiento T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) el que obtuvo el mejor contenido de P con 11,46 ppm y en cuanto al nivel de micorrizas arbusculares inoculado el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) presentó el mejor contenido de P en el suelo con 10,61 ppm. Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación contrastan con investigaciones anteriores que respaldan la importancia de las características del suelo como el pH, el contenido de M.O. y la presencia de hongos micorrícicos arbusculares en la disponibilidad del P en el suelo. Los hongos micorrícicos arbusculares forman simbiosis con las raíces de las plantas lo que facilita la absorción del P ya que estos descomponen sustancias orgánicas para liberar P inorgánico para

la absorción de las plantas (Aguilar et al., 2021; Hernández-Acosta et al., 2020). Naranjo-Morán et al. (2022), manifiestan que los hongos micorrícicos arbusculares mediante la relación mutualista que ejercen con la planta estos hongos extienden sus hifas en el suelo abarcando una mayor de absorción de P.

Por lo tanto, se puede mencionar que la inoculación de los hongos formadores de micorrizas arbusculares en las unidades experimentales pudieron haber mejorado la colonización de las raíces y a su vez mejorando la absorción del P en el suelo. Por otro lado, la inoculación de bacterias fijadoras de N como el *N. sphaericum* ayudan a liberar N en el suelo y como consecuencia puede aumentar la disponibilidad del P para la absorción de las plantas, lo que también ayuda al crecimiento de los hongos micorrícicos arbusculares (Baldivia y Ibarra, 2017). Mayores detalles referentes al contenido P en suelo inicial y final por tratamiento se visualizan en las Figura 10.

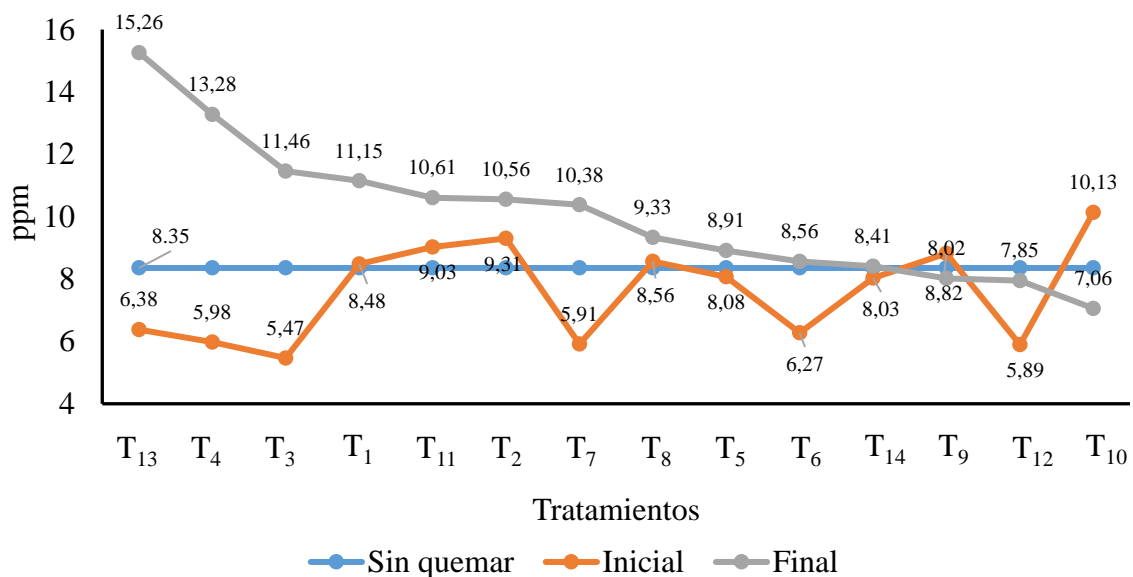


Figura 10. Promedios de fósforo sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.3.6. Potasio (K)

Al realizar la prueba de análisis de la varianza ANVA ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 13, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos debido a que el P-valor es menor que el valor de significancia ($\alpha = 0,05$), esto significa que con al menos uno de los tratamientos en estudio se obtiene un resultado diferente de contenido de K en el

suelo. El C.V. para este parámetro fue de 13,09 % por lo que podemos mencionar que existe una heterogeneidad media en los valores de la variable estudiada. Esto significa que existe poca dispersión en los datos que están en comparación con la media, así lo menciona Pimentel (como se citó en Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el valor de $R^2 = 0.44$ indica que el 44 % del experimento tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable estudiada y el 56 % muestra una dependencia relacionada a otros factores asociados al experimento. Según Di rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En Tabla 14 en la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$), se encontraron diferencias estadísticas en valores de K en el suelo para los tratamientos en estudio durante el trabajo de investigación realizado. El análisis muestra las medias donde se indican que el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con un promedio de 134,73 ppm de K en el suelo presenta el mejor promedio en comparación al resto de los tratamientos, por lo tanto, se demuestra que la aplicación de este tratamiento resulta el mejor en cuanto al incremento de K en el suelo. Sin embargo, debemos mencionar que se encontraron dos grupos de significancia el grupo A y el grupo B, en el grupo B tenemos a los dos tratamientos que presentaron las menores medias con el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) con una media de 113,06 ppm y el tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) con una media de 102,50 ppm, entonces podemos afirmar que con estos dos tratamientos estadísticamente se puede obtener un resultado diferente a lo obtenido con el resto de los tratamientos pertenecientes al grupo A.

Según los resultados obtenidos en el análisis de suelo antes de la quema mostrados en la Tabla 12, se puede notar un contenido muy bajo de K disponible en el suelo teniendo 55,86 ppm, este valor se incrementa después de haber realizado la quema mostrando valores de hasta 75,50 ppm esto es debido a la incorporación de la cenizas productos de la actividad de la quema de la vegetación existente que se realizó en las parcelas de la investigación, este aporte de nutrientes aunque momentáneo ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo, aunque estos nutrientes pueden perderse en cortos periodos de tiempo por acción de factores edafoclimáticos, lixiviación y por la absorción de las plantas (Daz-Franco et al. 2021). Sin embargo, en este trabajo de investigación los resultados del análisis al finalizar el experimento muestran que fue inverso, se encontraron valores de K en el suelo muy por encima de lo encontrado en el análisis inicial y en el análisis después de la quema. Se encontró que el contenido de K correspondientes a los tratamientos donde se inocularon *N sphaericum* y micorrizas arbusculares en sus diferentes niveles poseen los valores más altos, para ellos

tenemos a los tratamientos T₃ con 130,169 ppm y T₉ 127,804 ppm, respectivamente lo que indica que estos son los niveles adecuados para mantener un buen contenido de K disponible en el suelo, también se debe mencionar el la combinación entre *N sphaericum* + fertilizante NPK y micorrizas arbusculares + fertilizante NPK, en estas combinaciones se encontró que el contenido de K disponible en el suelo en el T₆ fue de 134,733 ppm y para el T₁₂ fue de 132,68 ppm. En resumen, se puede decir el alto contenido de K en el suelo se debió también al alto contenido de M.O. que presentó los tratamientos en estudio relacionados con la inoculación de cushuro y la acción simbiótica de las micorrizas arbusculares ya que facilitan la relación suelo y planta, a su vez ayuda a maximizar la utilización del recurso suelo lo que puede traducirse a contenidos de K más altos en el suelo. Es importante mencionar que el contenido de M.O. pudo influenciar en la disponibilidad del K debido a que esta ayuda a formar agregados en el suelo, lo que a su vez aumenta la porosidad y facilita la retención de agua y nutrientes, incluido el K, esencial para las plantas.

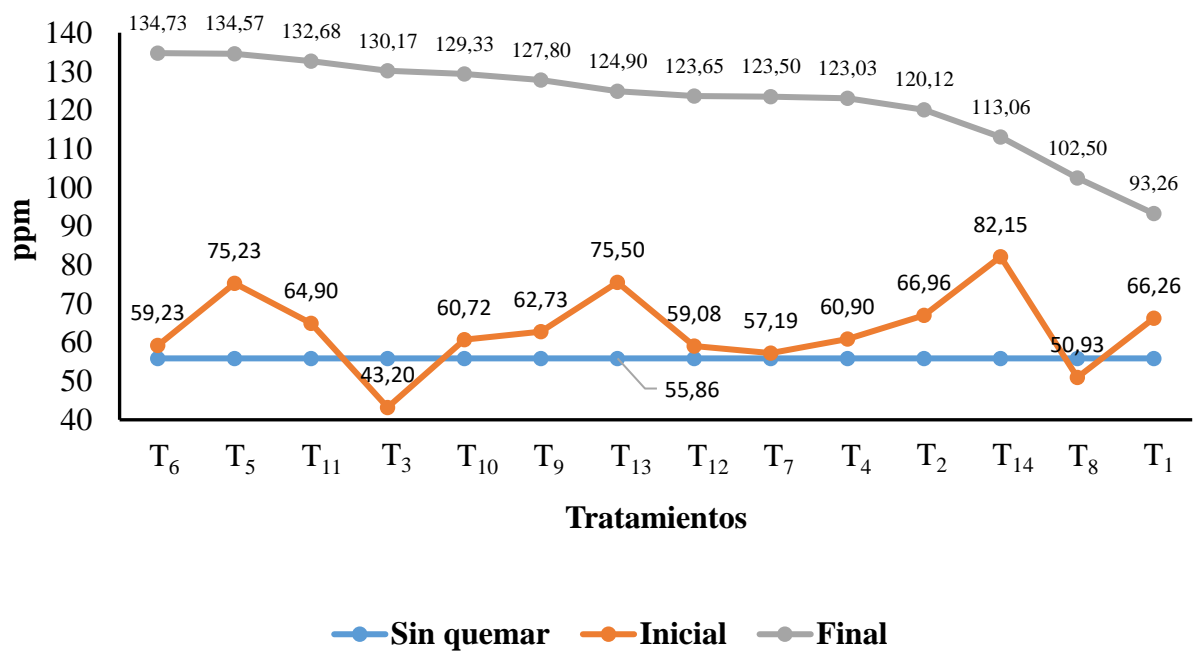


Figura 11. Promedios de potasio sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

4.3.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Al realizar la prueba de análisis de la varianza ANVA ($\alpha = 0,05$) y como se puede observar en la Tabla 13, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos debido a que el P-valor es menor que el valor de significancia ($\alpha = 0,05$), esto significa que con al menos uno de los tratamientos en estudio se obtiene un resultado diferente de contenido de P en el suelo. El C.V. para este parámetro fue de 10,41 % por lo que podemos mencionar que existe una buena homogeneidad en la media de los valores de la variable estudiada. Esto significa que existe poca dispersión en los datos que están en comparación con la media, así lo menciona Pimentel (como se citó Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el valor de $R^2 = 0,86$ indica que el 86 % del experimento tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente y el 14 % muestra una dependencia relacionada a otros factores asociados al experimento. Según Di Rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) mostrados en la Tabla 14, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos mostrando al T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) como el tratamiento con la CIC más alta con una media de 6,03 Cmol (+) /kg, lo que indica una capacidad baja de retención y disponibilidad de nutrientes ya que para suelos de textura franco la valores de CIC entre 10 a 20 Cmol (+) /kg se consideran óptimos. El segundo tratamiento T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*), también presenta una CIC baja con una media de 4,70 Cmol (+) /kg. Los tratamientos que se encuentran dentro del grupo de significancia C como los tratamientos T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*), T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₉ (15,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) y T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) tienen una CIC que está dentro del rango de la CIC considerado como bajo de igual manera los tratamientos comprendidos por el grupo de significancia D, esto se da probablemente por una mala retención de nutrientes y menor potencial para el desarrollo de las plantas por parte de estos tratamientos. La importancia de la CIC radica en la capacidad del suelo para retener cationes tales como Ca, Mg y K, un alto nivel de CIC indica un suelo saludable y fértil, capaz de sostener un ambiente microbiano activo. La presencia de microorganismos en el suelo facilita que los nutrientes se mineralicen. Un suelo con buenas características de CIC puede ofrecer a las plantas una mejor capacidad para resistir el estrés ambiental y mantener un suministro constante de nutrientes y agua. Los resultados del

análisis de CIC destaca la efectividad del tratamiento, como el T1 con *N. sphaericum*, en la mejora de la retención de nutrientes.

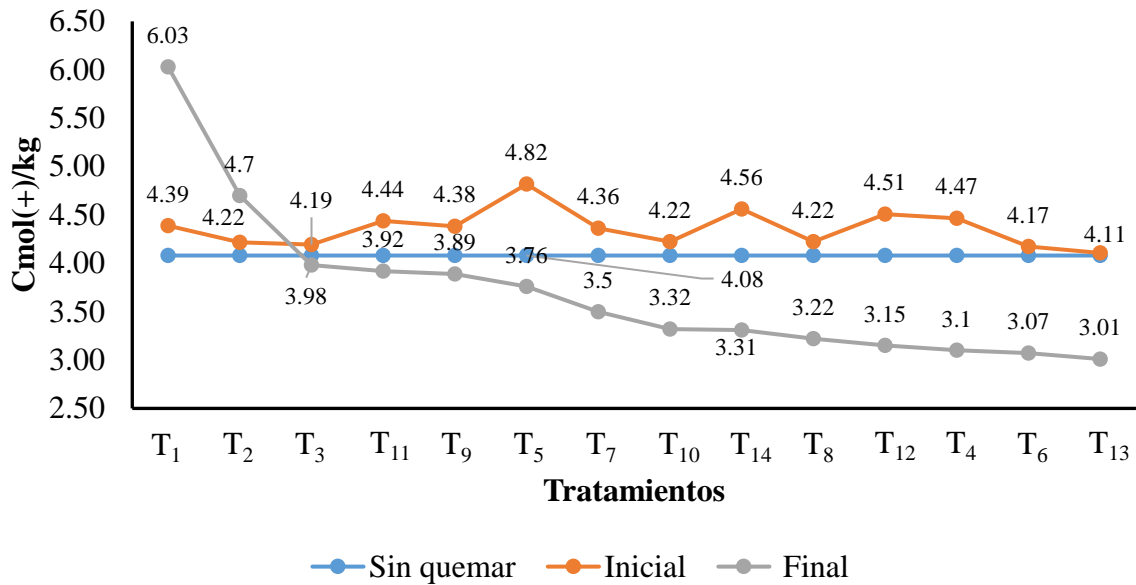


Figura 12. Promedios de CIC sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

- | | |
|---|--|
| T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20) |
| T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) | T ₁₄ : Testigo (sin fertilización) |

4.3.8. Saturación de aluminio

Al realizar la prueba de análisis de la varianza ANVA ($\alpha = 0,05$) y como se puede observar en la Tabla 13, no se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos debido a que el P-valor es mayor que el valor de significancia ($\alpha = 0,05$), esto significa que con todos los tratamientos en estudio se obtiene un resultado similar en el contenido de P en el suelo. El C.V. para este parámetro fue de 34 % por lo que podemos mencionar que existe una heterogeneidad media en los valores de la variable estudiada. Esto significa que existe moderada dispersión en los datos que están en comparación con la media, así lo menciona Pimentel (como se citó Gordón y Camargo, 2015), el CV es bajo cuando es inferior al 10 %, mientras que entre 10 y 20 % se consideran medios, el valor de $R^2 = 0,44$ indica que el 44 % del experimento tiene una dependencia de los tratamientos en estudio frente y el 56 % muestra una dependencia relacionada a otros factores asociados al experimento. Según Di rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

Al realizar la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 14, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos lo que significa que todos los tratamientos tienen el mismo efecto en la saturación de Al. Los rangos de saturación de Al por debajo del 10 % son óptimos para evitar toxicidad en la mayoría de los cultivos, sin embargo, en el análisis de caracterización de suelo realizado en la Tabla 12 se observó que los niveles encontrados superan el 10 % así como se muestra también en la Tabla 14 de los promedios obtenidos en la prueba de DGC donde se presentan niveles de saturación de Al que están significativamente por encima del rango óptimo de 10 %.

El tratamiento con la menor saturación es T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) con un 13,36 %, que aún está por encima del límite seguro. La toxicidad por Al en las plantas puede tener varios efectos negativos, entre los que se incluyen inhibición del crecimiento mediante la interferencia con la absorción de nutrientes, puede provocar daños a las raíces afectando la capacidad de absorción de agua y nutrientes, alteración de procesos metabólicos esenciales de síntesis de proteínas. Dado que todos los tratamientos muestran niveles de saturación de Al por encima del rango óptimo, es crucial considerar estrategias para reducir la toxicidad por Al en el suelo. Esto podría incluir la aplicación de enmiendas al suelo, seleccionar cultivos más tolerantes o modificar prácticas de fertilización. Cruz-masias, et al. (2020) mencionan que existe una relación inversa entre el pH y la saturación de Al esto quiere decir que a menor valor de pH mayor valor de saturación de Al, datos que se corroboran en los análisis de suelo obtenidos.

En la Figura 13 la línea azul representa al análisis realizado antes de la quema (sin quemar), cuyo promedio es de 52,9 % de saturación de Al, la línea naranja representa al análisis realizado después de la quema (inicial), esta línea presenta los porcentajes de saturación de Al más altos en los tratamientos T₉ (15,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) con una media de 35,44 % y con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con un valor de 27,76 %. Luego, muestra una tendencia variable con caídas y ascensos en otros tratamientos, pero generalmente se mantiene por encima del promedio de saturación de Al. En la línea gris que representa el análisis al finalizar el experimento (final) esta muestra una tendencia más estable y bajo en comparación con las líneas azul y naranja. En algunos tratamientos, sigue el mismo patrón y tiende a disminuir a lo largo de los tratamientos (especialmente en los más bajos como T₁ y T₂). La reducción observada indica que los tratamientos aplicados podrían estar funcionando para mitigar la saturación de Al, lo que es favorable para la salud de las plantas.

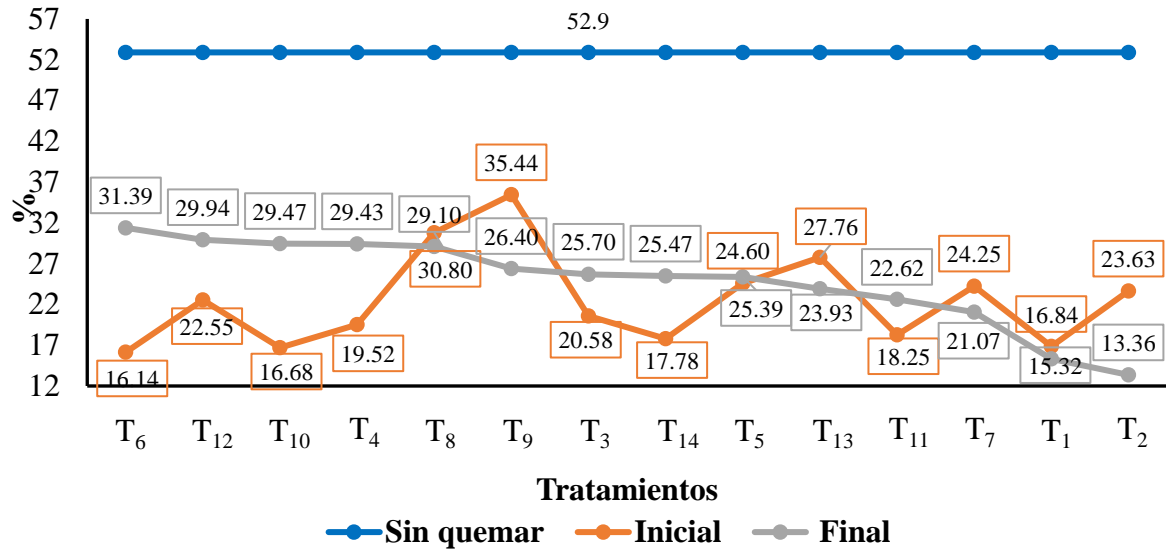


Figura 13. Promedios de saturación de aluminio sin quemar, inicial y final del suelo por tratamiento

Leyenda:

- T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*
- T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*
- T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*
- T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK
- T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK
- T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK
- T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)
- T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)
- T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)
- T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
- T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
- T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
- T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)
- T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.4. Efecto de la inoculación de *Nostoc sphaericum* (cushuro) y micorrizas en el fraccionamiento químico del suelo

Al realizar el ANVA Tabla 15, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio en los contenidos de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF), humina (HM) y stock de carbono (EST C) al culminar el trabajo de investigación, para los parámetros evaluados.

Tabla 15. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al contenido de ácido húmico, ácido fúlvico, humina, y stock de carbono al inicio y final del experimento

Fuente de Variación	G.L.	C (AH)		C(AF)		C-HM		EST COT	
		Final		Final		Final		(mg/ha) Final	
		CM	valor P	CM	valor P	CM	valor P	CM	valor P
Bloque	3	0,55	0,460	490,40	0,021	193,4	0,038	1 352,96	0,001
Tratamiento	13	0,27	0,944	91,70	0,769	56,42	0,557	120,11	0,874
Error	39	0,62		134,73		62,43		216,53	
Total	55								
C.V.		32,62		50,05		23,31		20,27	
R ²		0,18		0,34		0,35		0,40	

Los C.V. obtenidos indican que para C-HM igual a 23,31 % y EST COT (mg/ha) igual 20,27 % indican que las medias obtenidas en las unidades experimentales de cada tratamiento tuvieron un comportamiento con buena homogeneidad y que la variabilidad en los datos relativos a las variables en comparación con sus medias es medianamente variable. En contraste con los C.V. obtenidos para C(AH) igual a 32,62 % y para C(AF) igual a 50,05 % indica una gran variabilidad en los datos relativos a esta variable en comparación con su media. Los coeficientes de determinación R^2 resultantes del análisis de varianza para C (AH) igual a 0,18; C(AF) igual a 0,34; C-HM igual a 0,35 y EST COT (mg/ha) igual a 0,40 significa que para las variables estudiadas referentes a C (AH), C(AF), C-HM, C_TOTAL (g/kg), EST COT (mg/ha) solo el 18 %, 34 %, 35 %, 33 % y 40 % respectivamente de la variabilidad obtenida pueden ser explicados por los tratamientos y que las diferencia son atribuidas al efecto de otros factores.

Al llevar a cabo la prueba de DGC Tabla 16, no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos lo que sugiere que todos los tratamientos tuvieron el mismo efecto en las variables analizadas. Se encontró que los tratamientos con los mejores promedios de AH fue el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) con un promedio de 2,88 g/kg, seguidos del tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con un promedio de 2,73 g/kg y el tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con un promedio de 2,69 g/kg. Para el AF se observa que el mejor promedio lo obtiene el tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 31,48 g/kg, con el segundo promedio más alto se observa al tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) con una media de 27,82 g/kg y con el mejor tercer promedio se encuentra el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 27,39 g/kg. Referente a la HM los mejores promedios se obtuvieron con los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) con un promedio de 40,74 g/kg. Seguidos del tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con una media de 40,25 g/kg, y el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) con una media de 36,12 g/kg. En cuanto al contenido más alto de Stock de C al finalizar el experimento se obtuvo con el tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 82,84 mg/ha, seguidos del tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) con un promedio de 72,68 mg/ha y del tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con un promedio de 77,31 mg/ha.

Tabla 16. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido a los ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina, y stock de carbono

C (AH) Final				C(AF) Final				C-HM Final				Est COT mg/ha Final			
Trat	Prom	E. E	S	Trat	Prom	E. E	S	Trat	Prom	E. E	S	Trat	Prom	E. E	S
T7	2,88	0,4	a	T4	31,48	5,8	a	T7	40,74	3,95	a	T4	82,84	7,36	a
T5	2,73	0,4	a	T8	27,82	5,8	a	T13	40,25	3,95	a	T8	78,68	7,36	a
T4	2,69	0,4	a	T12	27,39	5,8	a	T14	36,12	3,95	a	T5	77,31	7,36	a
T8	2,66	0,4	a	T5	26,22	5,8	a	T4	35,94	3,95	a	T12	76,01	7,36	a
T3	2,51	0,4	a	T2	25,88	5,8	a	T11	35,76	3,95	a	T14	75,82	7,36	a
T9	2,48	0,4	a	T3	24,38	5,8	a	T9	34,29	3,95	a	T11	74,16	7,36	a
T12	2,45	0,4	a	T14	24,26	5,8	a	T1	34,27	3,95	a	T7	74,04	7,36	a
T2	2,41	0,4	a	T10	23,87	5,8	a	T8	33,87	3,95	a	T2	71,83	7,36	a
T14	2,35	0,4	a	T11	22,65	5,8	a	T5	33,29	3,95	a	T3	71,60	7,36	a
T1	2,26	0,4	a	T1	22,34	5,8	a	T6	31,06	3,95	a	T1	69,78	7,36	a
T13	2,19	0,4	a	T6	20,66	5,8	a	T12	30,84	3,95	a	T6	69,61	7,36	a
T11	2,16	0,4	a	T9	17,23	5,8	a	T3	30,67	3,95	a	T13	65,85	7,36	a
T6	2,16	0,4	a	T7	16,25	5,8	a	T2	29,66	3,95	a	T9	65,49	7,36	a
T10	1,95	0,4	a	T13	14,27	5,8	a	T10	27,79	3,95	a	T10	63,36	7,36	a

Leyenda:T1: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*T2: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*T3: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*T4: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPKT5: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPKT6: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPKT7: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)T8: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)T9: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T10: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T11: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T12: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T13: Fertilización NPK (20-20-20)

T14: Testigo (sin fertilización)

En general se puede afirmar que los tratamientos que mostraron los mejores promedios en casi todos los factores analizados incluyen el T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), que indican una influencia positiva en el contenido de AH y AF y el stock de C. Por otro lado, el T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) mostró los promedios más bajos en todas las variables analizadas, sugiriendo una menor capacidad para fomentar la formación de M.O. y C en el suelo.

La presencia de mayor concentración de HM en comparación con los AH y AF de todos los tratamientos estudiados puede explicarse por qué la HM es una fracción de la M.O. del suelo que es insoluble en condiciones ácidas y alcalinas y como se observa en la Tabla 12 los suelos en general presentan pH ácido, lo que la hace más resistente a la descomposición microbiana y a la solubilización. La estructura molecular es más resistente a la degradación microbiana y a los procesos de descomposición, lo que permite su acumulación en el suelo, esto puede deberse a que el suelo sufrió el efecto de la quema que redujo considerablemente la actividad biológica tal como se puede ver en la Figura 21 donde se evidencia la escasa presencia de insectos que puedan contribuir con la descomposición de la M.O. Otro factor puede ser las prácticas como el uso excesivo de fertilizantes químicos, la labranza intensiva o la falta de rotación de cultivos pueden reducir la actividad microbiana y favorecer la acumulación de HM. Resultados similares fueron obtenidos por Gonzales et al. (2004) en su trabajo titulado “Efecto del fuego sobre la materia orgánica del suelo” donde mencionan que encontraron que, en suelos afectados por incendios forestales, existe un aumento significativo en la proporción de HM en comparación con los AH y AF. Esto se debió a la polimerización térmica de la M.O. durante el incendio. Lehmann & Kleber (2015) en su artículo científico titulado “the contentious nature of soil organic matter” manifiesta que, en suelos tropicales y subtropicales, la HM era la fracción dominante de la M.O. debido a la rápida descomposición de los AH y AF en climas cálidos y húmedos.

Las muestras obtenidas tanto al inicio como al final del experimento se obtuvo una concentración de C alto muy probable debido a que las muestras fueron extraídas de 0-10 cm, esto concuerda con lo obtenido mencionado por Armas et. al (2013) que obtuvieron los mejores resultados en las muestras de 0-15 cm que en las muestras de 15-30 cm, indicando que esto se debe al aporte de hojarasca, la producción de raíces y a la exudación de raíces las cuales mediante la acción de los microorganismos son metabolizados y mineralizados.

Los AF obtenidos en el análisis tanto al inicio como al final del experimento resultaron teniendo concentraciones mayores que las concentraciones de AH obtenidas al inicio y final de la investigación, esto se puede deber a que los AH son más grandes y estables que los

AF por lo tanto estos se demoran más tiempo en ser mineralizados por los microorganismos, la acción de la quema realizada al inicio de la investigación redujo considerablemente la población de los microorganismos por que estos no pudieron mineralizar los AH. En relación con esto García (2002) menciona que el AH al ser de mayor peso molecular que el AF, da a entender que esta se encuentra más polimerizado y que es de mayor estado de humificación.

Las concentraciones iniciales de las fracciones C fueron significativamente menores a los promedios obtenidos al final del trabajo de investigación muy probablemente debido al efecto inicial que tuvo la actividad de la quema del suelo, esto contempla lo mencionado por Cuervo et al. (2005) que indican que la disminución de las fracciones de carbono probablemente esté influenciada por las actividades de deforestación, quema de la vegetación natural. Kirkby y Morgan (1984) sostienen que la disminución del contenido de C orgánico se da por las actividades de quemaduras, recolección de leña sin que ocurra un retorno de materiales que reemplacen la pérdida, esto se relaciona a los resultados obtenidos al final del experimento ya que estos contenidos de C orgánico resultaron siendo mayores a los niveles iniciales obtenidos de las muestras de suelo después de la quema de vegetación. Las fracciones de C tienen una significativa importancia teniendo en cuenta que el C orgánico del suelo afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo relacionados con la calidad del suelo y capacidad productiva (Carter, 2002).

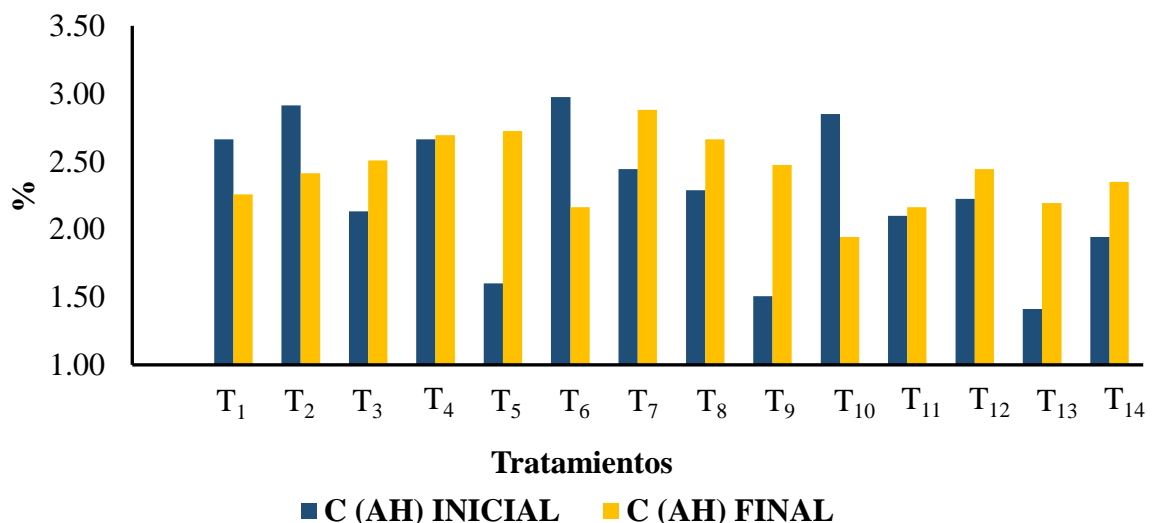


Figura 14. Promedios referidos al ácido húmico inicial y final

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

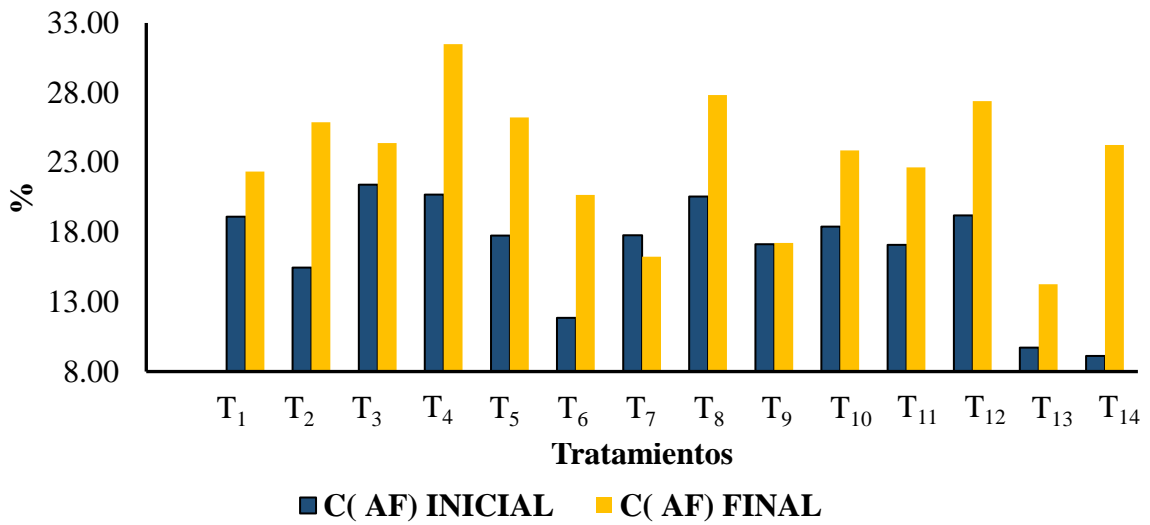


Figura 15. Promedios referidos al ácido fúlvico inicial y final

Leyenda:

- | | |
|---|--|
| T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20) |
| T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) | T ₁₄ : Testigo (sin fertilización) |

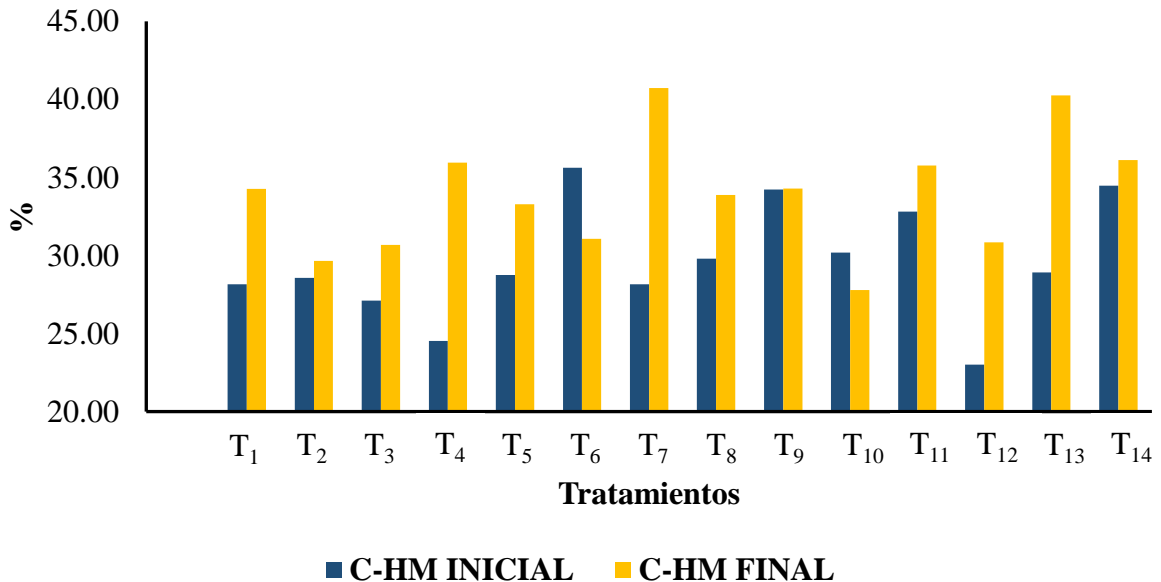


Figura 16. Promedios referidos a la humina inicial y final

Leyenda:

- | | |
|---|--|
| T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20) |
| T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) | T ₁₄ : Testigo (sin fertilización) |

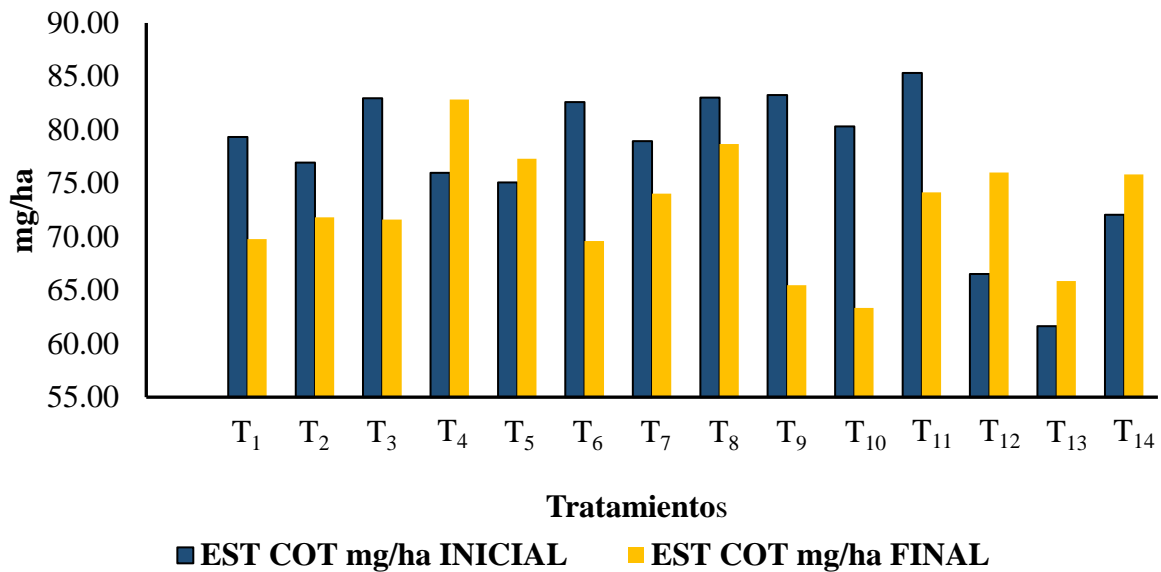


Figura 17. Promedios referidos al stock de carbono inicial y final

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.5. Efecto de la inoculación de *N. sphaericum* (cushuro) y micorrizas en el contenido en el fraccionamiento físico del suelo

Según la prueba de análisis de varianza Tabla 17, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio en los contenidos de carbono orgánico total (C_TOTAL), carbono de la materia orgánica particulado (C_MOP) y en carbono de la materia orgánica asociada a los minerales (C_MOAM) al culminar el trabajo de investigación, por lo que se podemos mencionar que todos los tratamientos tuvieron un efecto similar.

El C.V. obtenido para la variable C_TOTAL resultó igual a 18,38 % indica que existe una buena homogeneidad y su coeficiente de determinación R^2 de 0,33 % indica que un 33 % de esta variabilidad puede ser explicado por los tratamientos utilizados, para las variables C_MOP se obtuvo un C.V. de 13,20 % lo que indica que los datos presentan una dispersión extremadamente alta en relación con la media. Lo que sugiere que la media no es un buen representante del conjunto de datos, esto puede deberse a la presencia de valores atípicos, una distribución muy asimétrica o una media cercana a cero, su coeficiente de determinación R^2 de 0,36 % indica que un 36 % de esta variabilidad puede ser explicado por los tratamientos

utilizados, para la variable C_MOAM el C.V. resultante fue de 20,01 % lo que indica que existe una buena homogeneidad y su coeficiente de determinación R^2 de 0,39 % indica que un 39 % de esta variabilidad puede ser explicado por los tratamientos utilizados.

Como se muestra en la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) en la Tabla 18 para las variables no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados a la investigación debido a que todos los tratamientos se encuentran perteneciendo al mismo grupo de significancia. Los tratamientos que mostraron un aumento significativo en la concentración de C_TOTAL el tratamiento con mejor promedio fue el T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 70,12 g/kg, así mismo este tratamiento también fue el que mejor incremento en comparación a su contenido inicial pasando de 47,87 g/kg a 70,12 g/kg lo que indica que este tratamiento resulta más eficiente en la acumulación de C total, el segundo mejor promedio lo obtuvo el tratamiento T₈ (10.00 g de Resid MG® *Glomus iranicum*) con un promedio resultante de 64,35 g/kg

En cuanto al contenido de C_MOP los que tienen los mejores resultados para promover la acumulación de M.O. particulada, son el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) este tratamiento presentó el mayor aumento, de 2,85 g/kg a 5,85 g/kg, lo que sugiere que la aplicación de *G. iranicum* favorece la formación y estabilización de la M.O. y el segundo mejor promedio fue obtenido con el tratamiento T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con un promedio final de 3,96 g/kg. Este resultado coincide con estudios que destacan el papel de los hongos micorrízicos en la mejora de la estructura del suelo y la acumulación de C (Rillig et al. 2019), seguido del tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) aumentó de 1,35 g/kg a 1,93 g/kg, lo que indica que la fertilización química puede estimular la actividad microbiana y la acumulación de M.O., aunque este efecto puede no ser sostenible a largo plazo (Lal, 2020). Esto sugiere que una dosis óptima de hongos micorrízicos puede mejorar la acumulación de C_MOP. La actividad microbiana puede variar según el tipo de tratamiento, influyendo en la descomposición o estabilización de la M.O.

Los tratamientos que mostraron los mayores aumentos en C_MOAM son los más efectivos para promover la formación y estabilización de C orgánico asociado a minerales (COAM), entre los que tienen mejores resultados fueron los tratamientos T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) este tratamiento presentó el mayor aumento, de 46,99 g/kg a 68,60 g/kg, lo que sugiere que la aplicación de *N. sphaericum* en esta dosis favorece la formación de C_MOAM. Este resultado coincide con estudios que destacan el papel de las cianobacterias en la mejora de la estructura del suelo y la acumulación de C (Rossi et al., 2017). El tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) incrementó de 41,59 g/kg a

54,83 g/kg, lo que indica que dosis más altas de *G. iranicum* también pueden ser efectivas, el tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) mostró un aumento de 46,72 g/kg a 60,86 g/kg, sugiriendo que la combinación entre *N. sphaericum* y la fertilización NPK puede ser efectiva para mejorar la calidad del suelo, el tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG + *Glomus iranicum*) mostró un aumento de 51,63 g/kg a 63,03 g/kg, lo que indica que la combinación de cianobacterias y fertilización NPK puede ser beneficiosa.

Los Tratamientos con *N. sphaericum* T₄, T₅ y T₃ mostraron resultados consistentemente altos en las tres variables, especialmente cuando se combinaron con fertilización NPK (T₄ y T₅). Esto sugiere que *N. sphaericum* tiene un efecto positivo en el aumento del C en el suelo. Tratamientos con Resid MG. Los tratamientos T₁₂ y T₁₁ destacaron en C_MOP y C_MOAM, respectivamente, especialmente cuando se combinaron con fertilización NPK. Esto indica que Resid MG también es efectivo, pero en menor medida que *N. sphaericum*. Testigo (T₁₄) y fertilización NPK sola (T₁₃). Estos tratamientos mostraron los valores más bajos en todas las variables, lo que confirma que la adición de biofertilizantes (*N. sphaericum* o Resid MG) es necesaria para mejorar el contenido de C en el suelo.

El COAM es un componente clave del C orgánico del suelo y está directamente relacionado con la fertilidad del suelo. Un alto contenido de COAM mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y nutrientes, y promueve la actividad microbiana, lo que es esencial para la productividad agrícola. Mantener o aumentar el COAM es crucial para la sostenibilidad agrícola, especialmente en suelos degradados. Es decir, los tratamientos con dosis más altas de *N. sphaericum* y su combinación de *N. sphaericum* con NPK fueron los más efectivos para mejorar el COAM en el suelo, lo que tiene implicaciones significativas para la sostenibilidad agrícola.

El tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) es el mejor para las variables C_TOTAL y C_MOAM, mientras que el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) es el mejor para C_MOP. La combinación de biofertilizantes (*N. sphaericum* o Resid MG) con fertilización NPK es más efectiva que el uso de fertilizantes químicos solos o el testigo sin fertilización.

Tabla 17. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al carbono total (C_TOTAL (g/kg), carbono de la orgánica particulada (C_MOP (g/kg), carbono de la materia orgánica asociada a los minerales (C MOAM (g/kg) al final del experimento

Fuente de Variación	G.L.	C_TOTAL (g/kg)		C_MOP (g/kg)		C MOAM (g/kg)	
		CM	Pvalor	CM	P valor	CM	Pvalor
Bloque	3	491,75	0,020	15,03	0,086	669,54	0,005
Tratamiento	13	82,40	0,823	7,21	0,363	96,70	0,726
Error	39	133,02		6,37		132,88	
Total	55						
C.V.		19,38		13,20		20,01	
R ²		0,33		0,36		0,39	

Tabla 18. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referido al carbono total (g/kg), carbono de la materia orgánica particulada (g/kg), carbono orgánico de la materia orgánica asociada a los minerales (g/kg)

C_TOTAL (g/kg) final				C_MOP (g/kg) final				C_MOAM (g/kg) final			
Trat	Prom	E. E	S	Trat	Prom	E. E	S	Trat	Prom	E. E	S
T ₄	70,12	5,77	a	T ₁₂	5,85	1,26	a	T ₄	68,60	5,76	a
T ₈	64,35	5,77	a	T ₁₀	3,93	1,26	a	T ₈	63,09	5,76	a
T ₁₄	62,73	5,77	a	T ₁₃	1,93	1,26	a	T ₁₄	61,42	5,76	a
T ₅	62,23	5,77	a	T ₂	1,82	1,26	a	T ₅	60,87	5,76	a
T ₁₂	60,67	5,77	a	T ₇	1,66	1,26	a	T ₁₁	59,36	5,76	a
T ₁₁	60,57	5,77	a	T ₄	1,52	1,26	a	T ₇	58,21	5,76	a
T ₇	59,86	5,77	a	T ₆	1,47	1,26	a	T ₁	58,02	5,76	a
T ₁	58,87	5,77	a	T ₉	1,43	1,26	a	T ₃	56,38	5,76	a
T ₂	57,95	5,77	a	T ₅	1,37	1,26	a	T ₂	56,13	5,76	a
T ₃	57,56	5,77	a	T ₁₄	1,30	1,26	a	T ₁₂	54,83	5,76	a
T ₁₃	56,71	5,77	a	T ₈	1,27	1,26	a	T ₁₃	54,79	5,76	a
T ₉	53,99	5,77	a	T ₁₁	1,21	1,26	a	T ₉	52,56	5,76	a
T ₆	53,88	5,77	a	T ₃	1,19	1,26	a	T ₆	52,41	5,76	a
T ₁₀	53,60	5,77	a	T ₁	0,85	1,26	a	T ₁₀	49,68	5,76	a

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

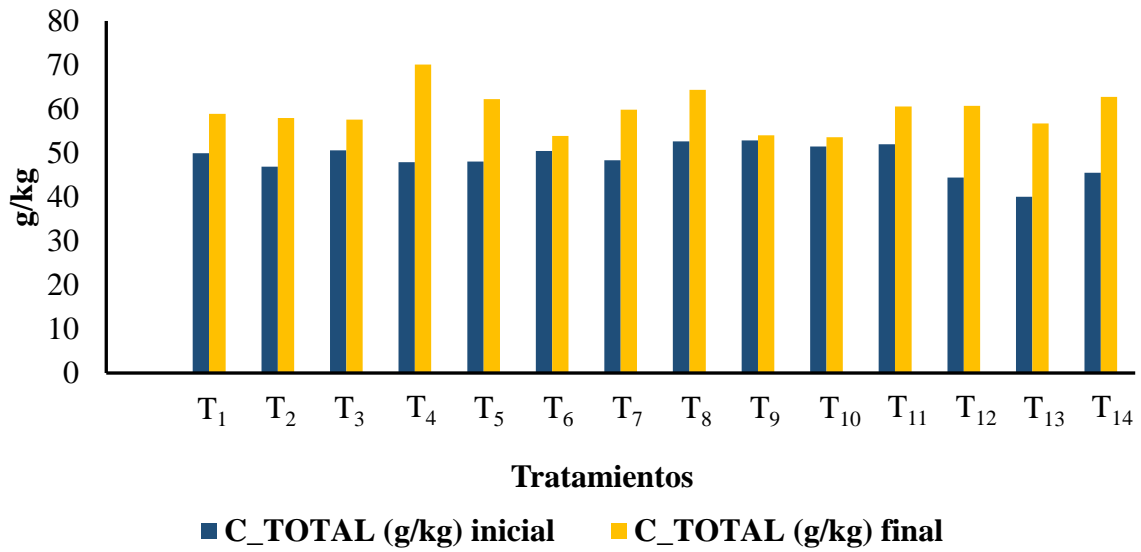


Figura 18. Promedios referidos al carbono total inicial y final.

Leyenda:

- | | |
|--|---|
| T1: 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T8: 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T2: 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T9: 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T3: 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T10: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T4: 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T11: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T5: 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T12: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T6: 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T13: Fertilización NPK (20-20-20) |
| T7: 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) | T14: Testigo (sin fertilización) |

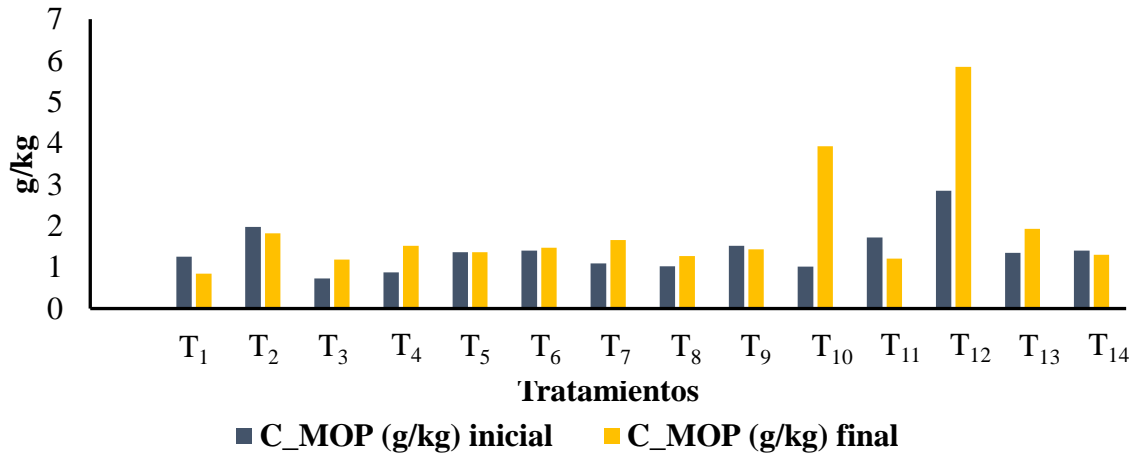


Figura 19. Promedios referidos al carbono de la materia orgánica particulada

Leyenda:

- | | |
|--|---|
| T1: 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T8: 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T2: 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T9: 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) |
| T3: 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> | T10: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T4: 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T11: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T5: 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T12: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK |
| T6: 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK | T13: Fertilización NPK (20-20-20) |
| T7: 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>) | T14: Testigo (sin fertilización) |

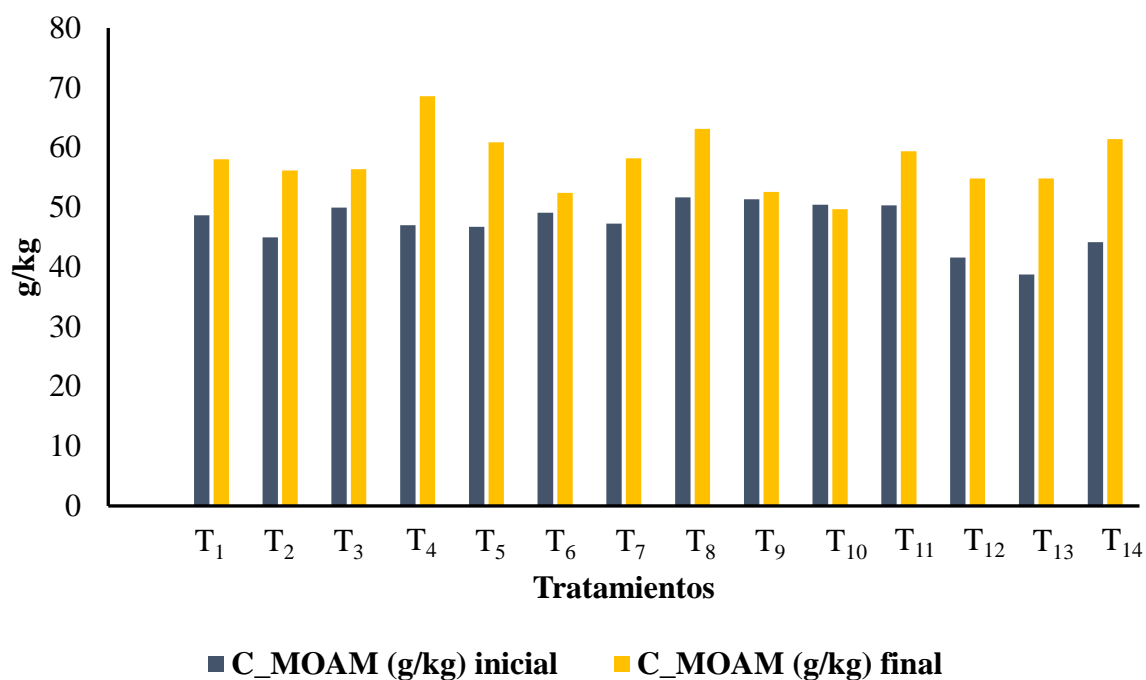


Figura 20. Promedios referidos al stock de carbono de la materia orgánica asociada a los minerales inicial y final.

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

4.6. Efecto de la inoculación de *N. Sphaericum* (cushuro) y micorrizas en las propiedades biológicas del suelo

Hubo mayor predominancia de diversidad biológica con el uso de *N. sphaericum* en relación con el uso de tratamientos con micorrizas, verificando una mayor cantidad de *Atta cephalotes*, en relación con los otros invertebrados para los tratamientos T₃ > T₆ > T₁. Mayores detalles se verifican las Tablas 44 y 45 de Anexos.

4.6.1. Índice de Shannon al inicio del experimento

En la Tabla 19, se observa que *A. cephalotes* indiscutiblemente es la especie dominante, con 154 individuos, representando un 96,25% de la población total. En contraste, *Ponerina clavata* y *Lasius niger* tienen dos y cuatro individuos, respectivamente. Esta alta dominancia puede tener varias implicaciones ecológicas. Según Hölldobler y Wilson (1990), las hormigas del género *Atta* son famosas por sus prácticas de cultivo de hongos y su

capacidad de modificar el entorno, lo que les otorga una ventaja competitiva sobre otras especies. Esta adaptación puede explicar su éxito en el entorno del estudio.

Tabla 19. Referido al análisis inicial de diversidad biológica (índice de Shannon)

INDIVIDUOS	número de individuos	$p_i = n_i/N$	$p_i \ln p_i$	H
<i>Poponera clavata</i>	2	0.0125	-0.0506	
<i>Atta cephalotes</i>	154	0.9625	-0.0386	0,18
<i>Lasius niger</i>	4	0.025	-0.0925	

El índice de diversidad (H) es de 0,1838, lo que indica un nivel de diversidad bajo dentro de esta comunidad. Esto se debe en gran parte a la alta dominancia de *A. cephalotes*. Un valor de H bajo sugiere que la comunidad es menos diversa y podría ser más vulnerable a cambios ambientales o a la presión de plagas, ya que la dominancia de una sola especie puede llevar a una disminución de la resiliencia del ecosistema. Magurran (1988) manifiesta que un bajo índice de diversidad puede ser el resultado de la dominancia de una sola especie, lo que implica que el ecosistema puede volverse homogéneo y menos resiliente a cambios. Esto se alinea con el fenómeno observado en este estudio, donde la supremacía de *A. cephalotes* podría reducir la capacidad del sistema para soportar perturbaciones.

En comparación a análisis final de diversidad biológica se observa que hubo una notable reducción de las especies encontradas, esto se debe al efecto causado por la quema del hábitat de las comunidades de insectos que convivían en el área de investigación, en relación con esto Chamorro y Soto (1987) mencionan que después de la primera quema la cantidad de individuos disminuyó en 55 %. Sin embargo, la cantidad de individuos se recuperó en los primeros 10 meses posteriores. Marcano (2012) manifiesta que la diversidad biológica se ve disminuido producto de la quema de los árboles, ya que al ser quemados estos árboles las criaturas dependientes de estos se ven afectadas directamente lo que también ocasiona un impacto en sobre el ambiente.

Como se observa en la Figura 21, la dominancia de *A. cephalotes* podría tener repercusiones significativas en el ecosistema local, dada su naturaleza herbívora y su impacto en la vegetación. Por otro lado, la escasa presencia de *P. clavata* y *L. niger* podría complicar la dinámica de forrajeo y el equilibrio de la red trófica. La restauración de hábitats podría ser una medida efectiva, como sugieren estudios previos que destacan la importancia de la diversidad para la estabilidad del ecosistema (Duffy, 2002).

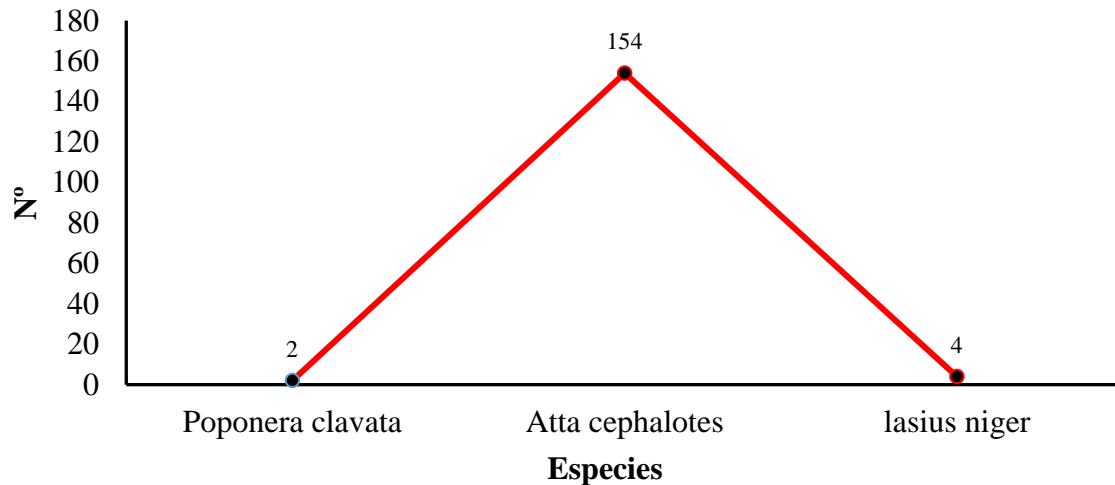


Figura 21. Promedios iniciales de índice de Shannon

4.6.2. Índice de Shannon al final del experimento

La Tabla 20 presenta una dominancia notable de *A. cephalotes* (2 801 individuos), que sigue siendo la especie predominante. En contraposición, *P. clavata* tiene solo ocho individuos. Sin embargo, al final del experimento también se incluye una variedad de otros invertebrados, como *Acanthogryllus fortipes* (24 individuos) y otros grupos como arácnidos y colémbolos (*Lycosa sp.*, *Chilopoda*). La alta abundancia de *A. cephalotes* sugiere que esta especie puede estar aprovechando los recursos adicionales brindados por la aplicación de *N. sphaericum* y micorrizas, que mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas.

El índice de Shannon (H) de 0,44 indica un nivel de diversidad bajo dentro de esta comunidad. Esto se debe nuevamente a la alta dominancia de *A. cephalotes*. Un valor de H cercano a cero sugiere que la comunidad es menos diversa. Aunque hay un aumento en la diversidad de especies en comparación con la Tabla 19, donde el H era de 0,1838, el aumento del índice de diversidad probablemente se deba a el crecimiento del cultivo de maíz, incorporación de la materia orgánica como el *N. sphaericum* y a la adición de micorrizas arbusculares.

Perfecto et al. (2003) encontraron que la implementación de prácticas agrícolas biodiversas, como la siembra de cultivos acompañantes y el uso de micorrizas, puede aumentar la riqueza de especies y mejorar el rendimiento de los cultivos. Esto se alinea con el patrón observado aquí, donde la aplicación de inoculantes parece favorecer ciertas poblaciones.

Tabla 20. Referido al análisis final de diversidad biológica (índice de Shannon)

INDIVIDUOS	número de individuos	$p_i = n_i/N$	$p_i \ln p_i$	H
<i>Poponera clavata</i>	8	0.0026	-0.0156	0,44
<i>Atta cephalotes</i>	2801	0.9193	-0.0838	
<i>Iasius niger</i>	14	0.0046	-0.0254	
<i>Acanthognathus fortipes</i>	24	0.0079	-0.0402	
<i>Chorthippus biguttulus</i>	18	0.0059	-0.032	
<i>Gromphadorhina portentosa</i>	1	0.0003	-0.0025	
<i>Oscinella frit</i>	31	0.0102	-0.0472	
<i>Euxesta stigmatias</i>	6	0.002	-0.0119	
<i>Chilopoda</i>	15	0.0049	-0.0268	
<i>Diplopoda</i>	1	0.0003	-0.0025	
<i>Lycosa sp.</i>	77	0.0253	-0.0923	
<i>Phyllophaga sp.</i>	22	0.0072	-0.0374	
<i>Amblytelus sp.</i>	5	0.0016	-0.0093	
<i>Aethina tumida</i>	9	0.003	-0.0166	
<i>Odontocheila tawahka</i>	3	0.001	-0.0069	
<i>Volucella sp.</i>	3	0.001	-0.0069	
<i>Xylocopa sp.</i>	4	0.0013	-0.0089	
<i>Forficula auricularia</i>	3	0.001	-0.0069	
<i>Metamasius hemipterus</i>	1	0.0003	-0.0025	
<i>Reduvius personatus</i>	1	0.0003	-0.0025	

La presencia de múltiples grupos de invertebrados como lo muestra la Figura 22 puede ser indicativa de un ecosistema más saludable y equilibrado, lo que es vital en un contexto agrícola. La diversidad de invertebrados, desde hormigas hasta artrópodos, puede desempeñar roles cruciales en el control de plagas, y la mejora de la fertilidad del suelo. Sin embargo, la dominancia de *A. cephalotes* puede tener efectos contradictorios, dado que estos insectos también son conocidos por su capacidad destructiva en ciertos casos.

La comparación entre el análisis inicial y final de diversidad biológica sugiere que la intervención agrícola mediante el uso de *N. sphaericum* y micorrizas puede haber modificado significativamente la estructura de la comunidad. La predominancia de *A. cephalotes* se mantiene, pero ahora se acompaña de una mayor diversidad de invertebrados, lo que podría contribuir a un sistema más resiliente.

Kaspari et al., (2000), encontraron un mayor índice de diversidad en comunidades de hormigas en hábitats más diversos, se sugiere que la diversidad de hábitat influye directamente en la composición de las especies. Este estudio pone de relieve cómo la falta de otras especies puede estar ligada a factores como la competencia y la degradación del hábitat. En adición Wan et al., (2019), mencionan que cuando el suelo pasa por una etapa de

acidificación el crecimiento microbiano se ve afectado lo que conlleva a una disminución de la abundancia y diversidad de los microbios del suelo. Es fundamental promover prácticas que mantengan y mejoren la diversidad de especies en sistemas agrícolas para garantizar su sostenibilidad y productividad a largo plazo.

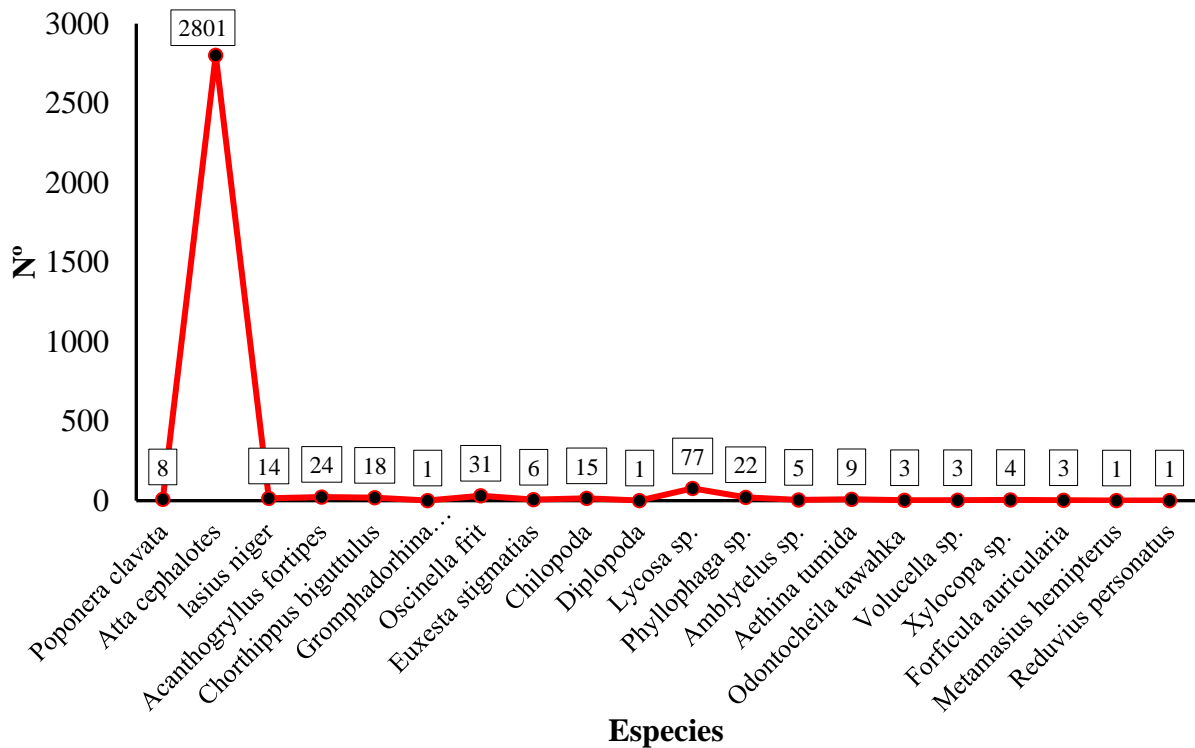


Figura 22. Promedios finales de índice de Shannon

4.7. Efecto de los tratamientos en la biometría de la planta

4.7.1. Altura de la planta

Con los resultados obtenidos de las evaluaciones en campo se realizó la prueba ANVA ($\alpha = 0,05$) mostrados en la Tabla 21, del efecto de los tratamientos en la variable altura de la planta de maíz al utilizar las diferentes dosis de cushuro, micorriza y fertilización NPK. Al analizar la prueba de ANVA para evaluar la variación en la altura de plantas en función de diferentes tratamientos se obtuvo que existen diferencias estadísticas altamente significativas, por lo tanto, se puede mencionar que los tratamientos en sus diferentes dosis están influenciando en la variable altura del maíz. El C.V. obtenido es de 2,15 %, según Calzada (1986) estos resultados indican que las medias obtenidas en las unidades experimentales de cada tratamiento tuvieron un comportamiento con excelente homogeneidad, el coeficiente de determinación R^2 fue de 0,89 esto significa que un 89 % de los resultados encontrados en altura de la planta tienen una dependencia de los tratamientos en estudio y el 11 % de los resultados

manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. Según Di rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar. Los resultados del ANVA indican que los tratamientos aplicados presentan un efecto importante en la altura de las plantas. Esto es respaldado por el valor de P muy bajo y el alto coeficiente R², sugiriendo que el modelo explica una gran parte de la variabilidad observada, la variación entre tratamientos es considerablemente relevante, lo que sugiere que podría ser útil continuar con el análisis de los tratamientos específicos para identificar cuáles son los más efectivos.

Tabla 21. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$), referido a altura de planta y a la altura de mazorca

Fuente de Variación	G.L.	Altura de Planta		Altura de Mazorca	
		CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	43,68	0,056	28,96	0,185
Tratamiento	13	361,64	<0,0001	262,36	<0,0001
Error	39	15,88		17,13	
Total	55				
C.V.		2,15		4,80	
R ²		0,89		0,84	

En la Tabla 22 se muestra la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) donde se muestra que se encontraron diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) respecto a los tratamientos T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) y T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) en las medias obtenidas referidas al parámetro de evaluación altura de la planta, es decir que el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK (20-20-20) resultó ser estadísticamente mejor que el resto de los tratamientos estudiados en la investigación, estos resultados no se pueden atribuir exclusivamente a la inoculación de micorrizas y al cushuro puesto estos tratamientos cuentan con una combinación de fertilización química que pudo influenciar en los promedios obtenidos. Sin embargo, al analizar por separado a las inoculaciones de micorrizas y *N. sphaericum* podemos mencionar que respecto a la inoculación de los tratamientos de micorrizas arbusculares y *N. sphaericum* los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) y T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) obtuvieron las mejores promedios en cuanto al crecimiento de la planta al no presentar diferencias estadísticas entre ellos puesto que pertenecen al mismo grupo de significancia, esto sugiere que con ambos tratamientos se puede obtener los mismos resultados en campo, por lo tanto, podemos decir que la incorporación al suelo de estos tratamientos resulta beneficiosa ya que resultaron mejores que el tratamiento testigo T₁₄ (Testigo sin fertilización), los tratamientos T₆ (400,00 g de *Nostoc*

sphaericum + Fertilización NPK) y T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK): Ambos tratamientos tienen alturas similares (193,78 cm y 193,50 cm, respectivamente), lo que sugiere que el uso de *N. sphaericum* en combinación con NPK es beneficioso para el crecimiento de las plantas. Respecto a la fertilización Elías (2014) afirma que el impacto de tres dosis de fertilización en la producción del maíz híbrido Atlas 105 bajo condiciones edafoclimáticas de Venenillo-Tingo María, sobresale en el tratamiento con la dosis de 200-100-100 kg ha⁻¹ de NPK con una altura de planta de 1,95 m.

Tabla 22. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a altura de la planta

Tratamiento	Descripción	Medias	Sig
T ₁₃	Fertilización NPK	200,70	a
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	196,80	b
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	193,78	b
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	193,50	b
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	191,85	b
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	188,83	b
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	188,53	b
T ₇	5,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	183,33	c
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	179,48	c
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	177,70	c
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	177,38	c
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	177,03	c
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	172,95	d
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	170,40	d

La combinación de la inoculación con dosis reducidas de fertilizantes mejora la eficacia de la simbiosis, lo que se manifiesta en el aumento de la colonización micorrízica y el rendimiento y se consigue una dosis ideal de fertilizantes inferiores a la sugerida para alcanzar volúmenes de producción similares, si no se aplica la inoculación lo señala Arias et al. (2001). La fertilización, especialmente con NPK, demuestra ser crucial para el crecimiento vegetativo de las plantas. Los resultados sugieren que el uso de NPK en combinación con ciertos niveles de *N. sphaericum* puede optimizar el crecimiento, mientras que los tratamientos sin fertilización o con bajos aportes tienden a ser menos efectivos.

La Figura 33 muestra que la media más alta corresponde al tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK 20-20-20) y el menor promedio corresponde al tratamiento testigo T₁₄ (Testigo sin fertilización). Además de encontrar tratamientos con promedios variables destacan los tratamientos que contienen micorrizas y Nostoc en combinación con fertilizante, como los tratamientos T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK y T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) respectivamente, así como también se pueden apreciar los

promedios alcanzados por los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) y T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*). Es decir, la Figura 23 muestra que los tratamientos implementados influyen de manera diversa en la altura de las plantas, con algunos de estos tratamientos promoviendo un crecimiento más elevado.

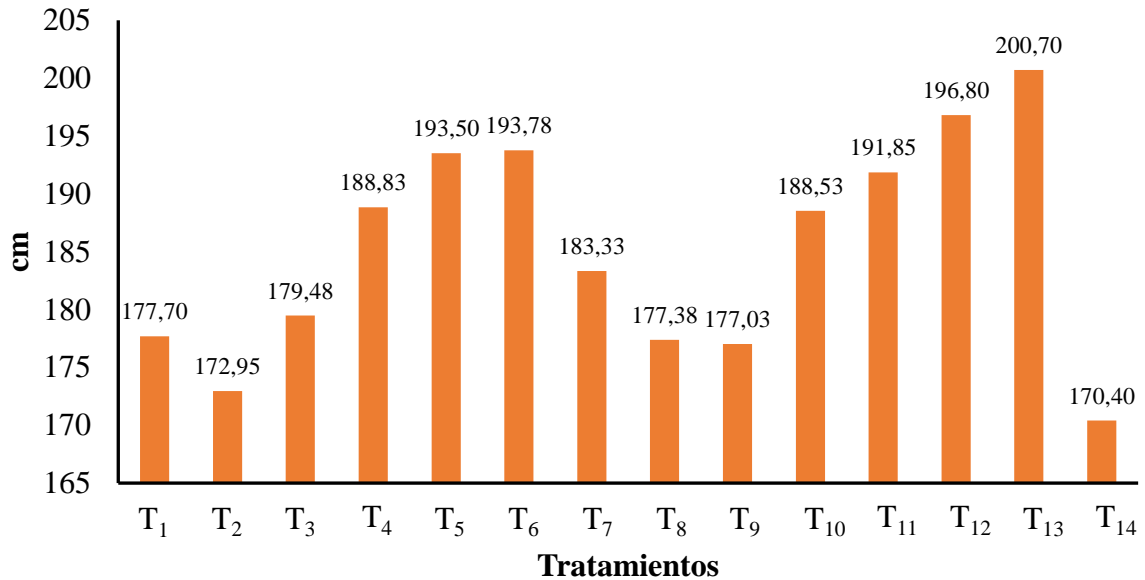


Figura 23. Promedios de altura de planta de maíz por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

4.7.2. Altura de la mazorca

Al realizar la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) para el efecto de los tratamientos en la variable altura de mazorca al utilizar las diferentes dosis de *N. sphaericum*, micorrizas arbusculares y fertilización NPK Tabla 21, se hallaron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo tanto, los tratamientos en sus diferentes dosis están influenciando en la altura de mazorca del maíz.

El C.V. obtenido es de 4,80 %, según Calzada (1986) estos descubrimientos indican que entre las unidades experimentales de cada tratamiento se verifica un comportamiento de gran uniformidad, lo que podría ser interpretado como que los datos recogidos en campo fueron similares a la altura de la planta. El R² fue de 0,84 lo que indica que un 84 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio y el 16 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. Según Di

rienza et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la Tabla 23 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se encontró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₁₃ (Fertilización NPK (20-20-20) y T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) respecto a los tratamientos T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y T₃ (Fertilización NPK 20-20-20) en las medias obtenidos referidas a la altura de mazorca, el T₁₂ consigue la mayor media (98,03) al combinar 15 g de Resid MG con fertilización NPK, lo que sugiere una alta efectividad en términos de crecimiento, el testigo T₁₄ (Testigo sin fertilización), tiene la menor media (72,15), evidenciando la importancia de los tratamientos aplicados para mejorar el rendimiento.

Tabla 23. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a altura de mazorca de la planta

Tratamiento	Descripción	Medias	Sig
T ₁₂	15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	98,03	a
T ₁₃	Fertilización NPK	96,83	a
T ₅	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	94,90	a
T ₁₀	5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	92,28	b
T ₁₁	10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK	90,28	b
T ₆	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	88,88	b
T ₇	5,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	88,20	b
T ₄	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	86,20	b
T ₈	10,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	85,08	b
T ₉	15,00 g de Resid MG (<i>Glomus iranicum</i>)	82,98	b
T ₃	400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	79,48	c
T ₁	100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	77,65	c
T ₂	200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	74,70	c
T ₁₄	Testigo (sin fertilización)	72,15	c

Los tratamientos que incluyen *N. sphaericum* T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₉ (15,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) y T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) tienen un efecto persistente en sus respectivas medias, pero se observa que combinados con la fertilización NPK tienen un crecimiento significativamente mejor. La combinación de Resid MG y Fertilización NPK como el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) tienen mejores promedios, indicando que las micorrizas tienen un impacto positivo cuando se usan junto con fertilizantes. La

fertilización es claramente beneficiosa, como lo demuestra la comparación entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos. Al respecto, Dávila (2016) indica que la ubicación de inserción de la mazorca podría estar relacionada con la constitución genética particular de cada material genético, la cual se ve afectada por el grado de fertilización. Por otro lado, Betancourt et al. (1998) mencionan que hay variaciones en la altura de las mazorcas de las plantas de maíz cuando se aplican cantidades de fertilizante nitrogenado en niveles superiores a los 80 kg ha⁻¹. Elías (2014), evaluando el impacto de tres niveles de fertilización en la productividad del maíz híbrido ATLAS 105 en la región de Venenillo-Tingo María, se resalta el tratamiento de 200-100-100 kg de NPK ha⁻¹, con una altura de inserción de mazorca de 0,82 m, lo que se considera parecido al logrado en nuestra evaluación.

Para que la simbiosis funcione de manera eficaz, es necesario que la presencia de nutrientes en el sistema sea menor a la que se encuentra habitualmente aplicado a las plantas que no tienen micorrizas. Fernández y rivera (2003), señalan que la alta presencia de nutrientes disminuye la presencia de estructuras micorrízicas en las raíces, lo que indica que la disminución en la efectividad micorrízica se debe a un funcionamiento inadecuado o a la inhibición de la simbiosis. En regiones de escasa fertilidad, es imprescindible incrementar la cantidad de estructuras fúngicas para asegurar el correcto funcionamiento de la simbiosis (Ascón et al., 2003).

Al analizar la Figura 24 se observa que la altura de la mazorca varía significativamente entre los diferentes tratamientos, mostrando puntos altos y bajos en los promedios, los tratamientos T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) tienen las alturas más altas, superando los 90 cm, lo que indica que estos tratamientos son los más efectivos para el crecimiento de la mazorca, el tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) alcanza la altura máxima, lo que sugiere que la combinación de 200 g de *Nostoc sphaericum* con fertilización NPK es muy efectiva, así mismo el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), aunque también es alto, presenta una ligera caída en comparación con T₅, pero sigue siendo uno de los mejores tratamientos, el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) tiene la altura más baja, lo que resalta la importancia de la fertilización en el crecimiento de la planta. Los tratamientos T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*), T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) muestran alturas intermedias, con fluctuaciones que indican que la efectividad de los tratamientos puede depender de la combinación específica de fertilizante y microorganismos. La altura de los tratamientos T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₁₁ (10,00 g de

Resid MG + Fertilización NPK) y T₁₃ (Fertilización NPK) es relativamente constante, pero inferior a los tratamientos más efectivos, lo que puede indicar que podrían no ser óptimos. Los tratamientos que combinan *N. sphaericum* con fertilización NPK como el T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) son claramente los más efectivos para maximizar la altura de la mazorca. La falta de fertilización como el T₁₄ (Testigo sin fertilización) resulta en un crecimiento significativamente menor, lo que manifiesta la necesidad de aplicar tratamientos adecuados.

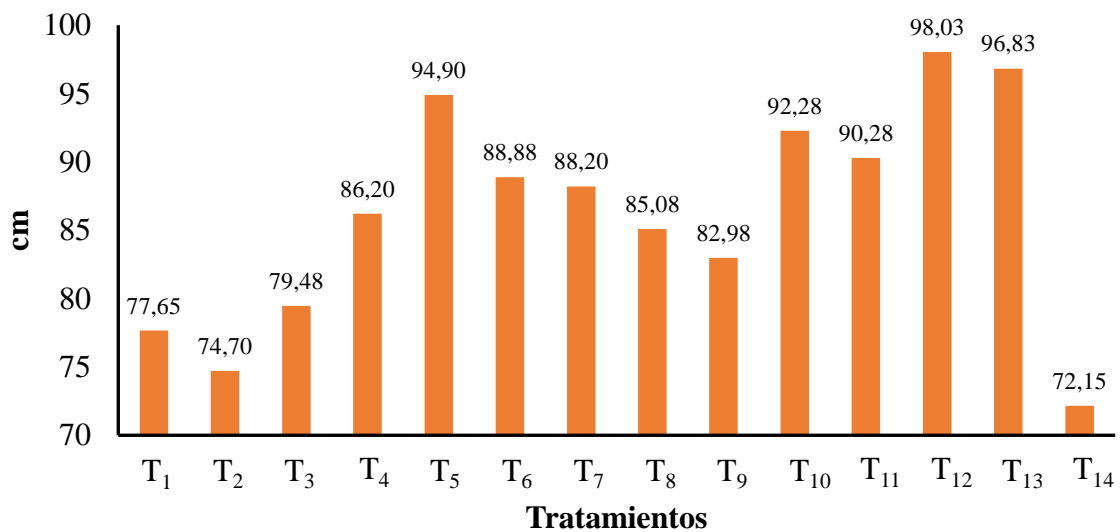


Figura 24. Promedios de altura de mazorca de maíz por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

4.7.3. Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos/hilera y peso de 100 granos

a. Longitud de mazorcas

Según los resultados obtenidos en la Tabla 24 prueba de ANVA ($\alpha=0,05$) para la variable longitud de mazorca al utilizar las diferentes dosis de *N. sphaericum*, micorrizas arbusculares y fertilización NPK, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los bloques, es decir que el área del terreno utilizado para el experimento no se comportó de manera homogénea esto indica que los resultados de las medias obtenidas son distintos entre ellos.

El C.V. obtenido es de 3,05 %, según Calzada (1986) estos resultados significan que las unidades experimentales de cada tratamiento demostraron una uniformidad excepcional, esto podría deberse a que los datos recolectados en terreno fueron parecidos a la altura de la planta y que los datos registrados en campo tienen una menor dispersión alrededor de su media y por lo tanto una mayor homogeneidad. el valor obtenido referente al R^2 fue de 0,82 esto significa que un 82 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio para la variable respuesta y el 18 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. En cuanto a los tratamientos en la prueba de ANVA Tabla 10, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que sugiere que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente en comparación al resto.

En la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) mostrados en la Tabla 25, se encontró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK), frente a los tratamientos T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y T₁₄ (testigo sin fertilización), en las medias obtenidos de longitud de mazorca, es decir que el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) resultó estadísticamente mejor al resto de los tratamientos estudiados en la investigación, por lo tanto este tratamiento resulta mejor para la obtención de mazorcas de gran tamaño. Sin embargo, Campos (2019), señala que el tamaño de la mazorca generalmente representa una característica genética del maíz amarillo duro, y en algunas situaciones cuando la planta se somete a diferentes dosis de fertilización, puede exhibir valores variados.

Los tratamientos cuya fuente principal fueron el *N. sphaericum* y las micorrizas como el T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) y T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*)) pertenecen al mismo grupo de significancia que el tratamiento con mejor media de longitud de mazorca, por lo tanto, estadísticamente con estos tratamientos se pueden obtener los mismos resultados que con los obtenidos por el T₁₃ (Fertilización NPK). Los tratamientos que incluyen solo *N. sphaericum* (T₃, T₄, T₁, T₂) tienen resultados más bajos en comparación con aquellos que combinan con fertilización NPK, aunque aún muestran promedios razonables, por tanto, podemos mencionar que los tratamientos que usan *N. sphaericum* también son efectivos, pero no tanto como aquellos que integran fertilización.

Tabla 24. Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido a longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de 100 granos y t/Ha.

Fuente de Variación	G.L.	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca		Número de hileras		Número de granos/hilera		Peso de 100 granos		t/Ha	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	1,12	0,0062	0,05	0,356	0,36	0,2838	2,91	0,0854	17,61	0,0001	2,20	0,0001
Tratamiento	13	2,91	<0,0001	0,23	0,0001	2,16	<0,0001	7,6	<0,0001	53,87	<0,0001	6,64	<0,0001
Error	39	0,23		0,05		0,27		1,23		1,94		0,24	
Total	55												
C.V.		3,05		4,80		3,33		2,85		5,60		5,59	
R ²		0,82		0,63		0,73		0,69		0,91		0,91	

Tabla 25. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de los tratamientos referido a longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de 100 granos y t/Ha.

Longitud de mazorca			Diametro de mazorca			Nº de hileras			Nº de granos por hilera			Peso de 100 granos			t/Ha		
Trat.	Medias	Sig	Trat.	Medias	Sig	Trat.	Medias	Sig	Trat.	Medias	Sig	Trat.	Medias	Sig	Trat.	Medias	Sig
T ₁₃	17,20	a	T ₁₃	4,86	a	T ₁₃	16,59	a	T ₁₂	41,09	a	T ₁₃	30,12	a	T ₁₃	10,56	a
T ₆	16,82	a	T ₆	4,80	a	T ₆	16,34	a	T ₁₃	40,83	a	T ₁₂	28,96	a	T ₁₂	10,15	a
T ₅	16,58	a	T ₁	4,75	a	T ₁₁	16,17	a	T ₆	40,42	a	T ₁₁	27,45	b	T ₁₁	9,62	b
T ₃	16,54	a	T ₁₂	4,72	a	T ₁₀	16,17	a	T ₄	39,92	a	T ₆	27,43	b	T ₆	9,62	b
T ₇	16,33		T ₃	4,72	a	T ₉	16,09	a	T ₁₁	39,92	a	T ₁₀	26,94	b	T ₁₀	9,45	b
T ₁₂	15,82	b	T ₈	4,66	a	T ₇	16,00	a	T ₁₀	39,17	b	T ₅	26,79	b	T ₅	9,39	b
T ₄	15,78	b	T ₁₀	4,63	a	T ₂	15,92	a	T ₃	38,83	b	T ₄	25,52	b	T ₄	8,95	b
T ₈	15,78	b	T ₅	4,59	a	T ₅	15,83	a	T ₉	38,67	b	T ₉	24,51	c	T ₉	8,59	c
T ₁	15,75	b	T ₁₁	4,56	a	T ₁	15,75	a	T ₅	38,5	b	T ₈	23,96	c	T ₈	8,40	c
T ₂	15,61	b	T ₂	4,49	a	T ₄	15,67	a	T ₈	38,42	b	T ₃	23,64	c	T ₃	8,29	c
T ₁₀	15,6	b	T ₄	4,40	a	T ₃	15,59	a	T ₂	37,92	b	T ₇	23,41	c	T ₇	8,21	c
T ₁₁	14,95	c	T ₉	4,37	a	T ₁₂	15,5	a	T ₇	37,33	b	T ₂	22,55	c	T ₂	7,91	c
T ₉	14,80	c	T ₇	4,22	a	T ₈	14,59	b	T ₁	37,00	b	T ₁	21,51	c	T ₁	7,51	c
T ₁₄	14,00	d	T ₁₄	4,01	b	T ₁₄	13,75	c	T ₁₄	36,84	b	T ₁₄	15,50	d	T ₁₄	5,43	d
E,E	0,24		E,E	0,11		E,E	0,26		E,E	0,55		E,E	0,70		E,E	0,24	

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

En la Figura 25 se puede observar que el promedio de longitud de mazorca obtenido con el T₁₃ (Fertilización NPK 20-20-20) presenta la mayor longitud de mazorca, con 17,20 cm, seguido de T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con 15,82 cm, el tratamiento T₁₄ (testigo sin fertilización), tiene la menor longitud de mazorca con 14,00 cm, lo que indica que la falta de tratamiento tiene un impacto negativo, la mayoría de los tratamientos oscilan entre 15,60 y 16,82 cm.

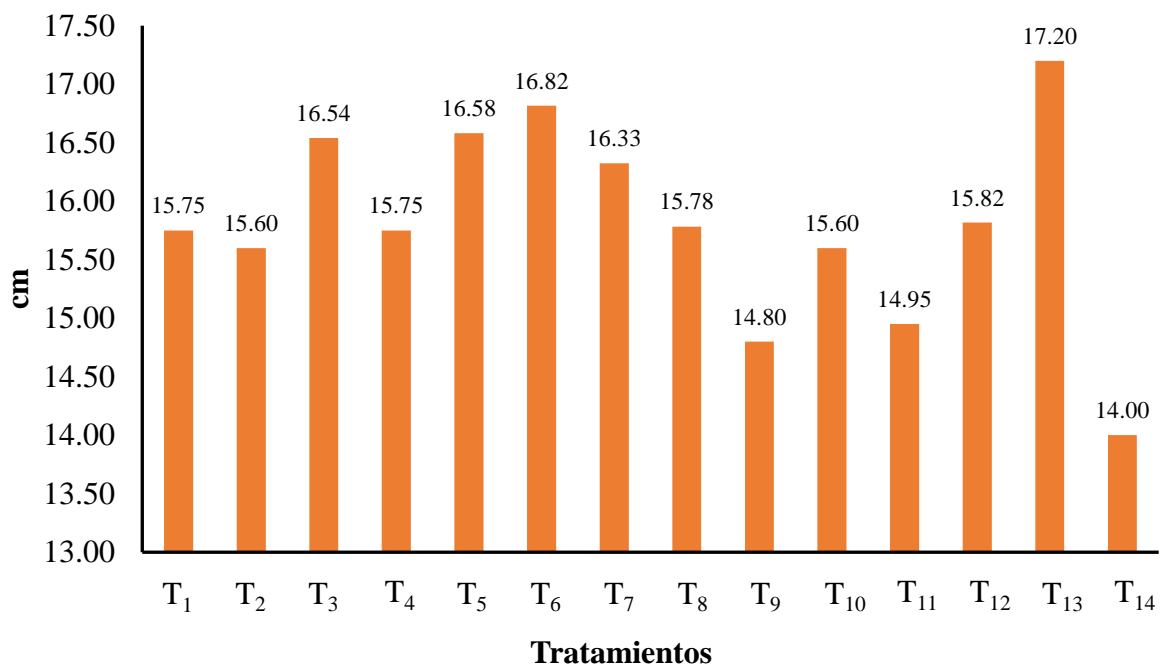


Figura 25. Promedios de longitud de mazorca de maíz por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Hay una variabilidad visible entre los tratamientos, destacándose que los tratamientos con fertilización como el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y el T₁₃ (Fertilización NPK) resultan en longitudes mayores comparadas con el control y otros tratamientos. Los tratamientos que han mostrado mejores resultados en longitud de mazorca son T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y T₁₃ (Fertilización NPK), lo que sugiere que las combinaciones de nutrientes y microorganismos en estos tratamientos son

efectivas. En resumen, se verifica en la Figura 35 que algunos tratamientos de fertilización tienen un impacto positivo en la longitud de la mazorca de maíz.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Cárdenas (2016) en Honoria (Huánuco), al analizar el efecto de tres dosis de fertilización en la productividad de cuatro híbridos de maíz amarillo duro, logró una longitud de mazorca ligeramente menor a 17,1 cm, al utilizar la mezcla ATLAS 105 con la dosis de 240-100-100-22-44 de NPK+Ca+S. Así mismo observamos que los tratamientos T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) y T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) que no contaron con la incorporación de fertilizante químico muestran promedios muy cercanos al logrado con el T₁₃ (Fertilización NPK (20-20-20)).

b. Diámetro de mazorca

Según los resultados obtenidos en el ANVA ($\alpha = 0,05$) observado en la Tabla 24 para la variable diámetro de mazorca al inocular las diferentes dosis de *N. sphaericum*, micorriza y utilizar fertilización. Se observan diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos. El C.V. obtenido es de 4,80 %, esto sugiere que entre las unidades experimentales de cada tratamiento los datos tienen excelente homogeneidad, lo que sugiere que los datos registrados en campo tienen una menor dispersión alrededor de su media y por lo tanto una mayor homogeneidad. El valor obtenido referente al R² fue de 0,63 % esto indica que un 63 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable respuesta y el 37 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores, un R² más alto significa una mayor capacidad del modelo para explicar la variabilidad en la variable dependiente.

En la Tabla 25 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se observó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK), en comparación con el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización), en las medias obtenidos referidas al diámetro de mazorca, es decir el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK), resultó obteniendo el mejor promedio de diámetro, a su vez el resto de los tratamientos excepto el T₁₄ (Testigo sin fertilización), son estadísticamente iguales al T₁₃ (Fertilización NPK), esto quiere decir con todos los tratamientos se pueden obtener los mismos resultados para esta variable por lo que tanto la inoculación de micorrizas y *Nostoc* pueden lograr las mismas medias que los tratamientos a base de fertilización NPK, el T₁₄ (Testigo sin fertilización), presenta la media más baja 4,01; mostrando que la ausencia de tratamiento resulta en un diámetro menor en comparación con los otros tratamientos. Elías (2014) manifiesta que la respuesta obtenida en el diámetro de mazorca generalmente se atribuye al vigor híbrido, es mediante este vigor que la planta de maíz tiene la capacidad de expresar todo su potencial genético cuando esta asimila de manera eficiente todos

los nutrientes proporcionados mediante la fertilización al suelo. Los tratamientos que incluyen *N. sphaericum* y fertilización con NPK muestran resultados positivos, sugiriendo que estos tratamientos pueden ser efectivos para optimizar el diámetro de tallo

En la Figura 26 se puede observar que el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) tiene el diámetro más alto con 4,86 cm, indicando un efecto positivo, los tratamientos varían entre 4,22 cm y 4,86 cm, mostrando diferencias en el impacto sobre el diámetro, el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), también presenta un valor alto de 4,80 cm de diámetro y el T₁₄ (Testigo sin fertilización) resultó siendo el de menor diámetro con 4,01 cm, sugiriendo que la falta de fertilización resulta en un menor crecimiento, con estos resultados se puede asegurar que la mayoría de los tratamientos mejoran el diámetro en comparación con el control, así como también los tratamientos con fertilización en general ofrecen mejores resultados. En resumen, la figura sugiere que los tratamientos con fertilización, especialmente T₁₃ (Fertilización NPK), son efectivos para aumentar el diámetro de la mazorca en comparación con el control sin fertilización.

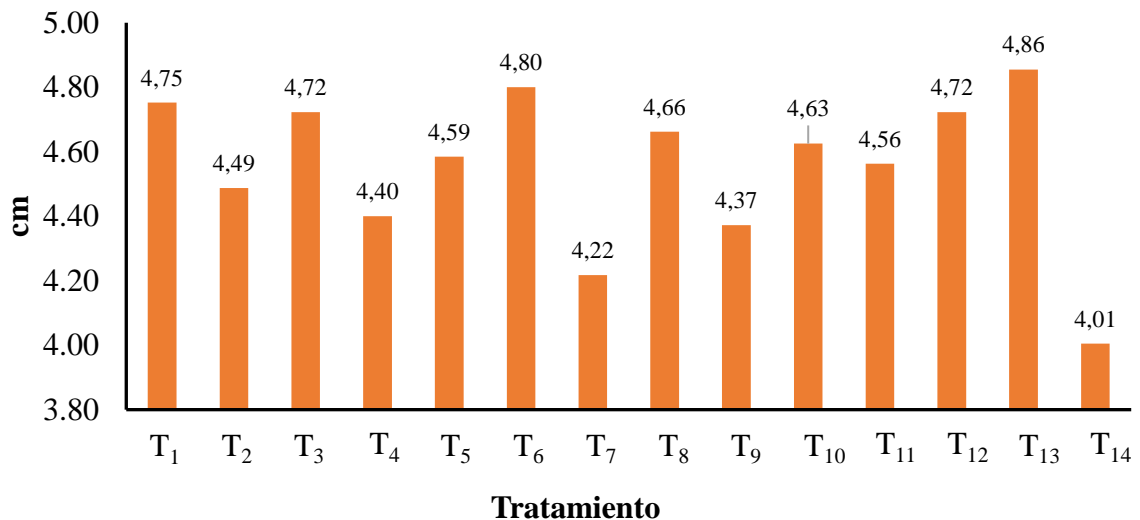


Figura 26. Promedios de diámetro de mazorca de maíz por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Estos resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Santos (2016), en su trabajo realizado en Honoria utilizando diferentes dosis de fertilización química obtuvo un diámetro promedio de 5,18 cm. Así mismo, Baltazar (2014), en su investigación utilizando el híbrido DK 7088 realizada en la localidad de Tulumayo logró un diámetro de 5,50

cm. Según Allard (1980) el diámetro de mazorca de maíz es un carácter de tipo cuantitativo, así como la longitud de mazorca y estas son influenciados por el medio ambiente.

c. Número de hileras

Los resultados encontrados en la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) observado en la Tabla 24 para la variable número de hileras de mazorca al utilizar las diferentes dosis de cushuro, micorriza y fertilización NPK, al analizar el efecto de los tratamientos se obtuvo diferencias estadísticas altamente significativas, por lo tanto, se puede afirmar que los tratamientos en sus diferentes dosis están influenciando en el número de hileras de mazorca y que al menos con uno de los tratamientos se obtiene resultados diferentes. El C.V. obtenido es de 3,33 %, esto indica las repeticiones tuvieron un comportamiento muy homogéneo, esto puede deberse a que los datos registrados en campo tuvieron baja dispersión respecto a las medias encontradas en el ANVA. El valor obtenido referente al R^2 fue de 0,73 lo que significa que un 73 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable respuesta y el 27 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores.

En la Tabla 25 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se encontró diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T_{13} (Fertilización NPK), tiene la media más alta con 16,59 hileras indicando el mayor efecto positivo, los tratamientos clasificados como A no muestran diferencias significativas entre sí, implicando que tienen efectos estadísticamente iguales en el resultado de número de hileras. El tratamiento T_8 (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), está en grupo B, indicando un número de hileras menor que los tratamientos del grupo A pero mejor que el control, el tratamiento T_{14} (Testigo sin fertilización), el testigo sin fertilización está en el grupo C, mostrando el efecto significativamente menor debido a la ausencia de tratamiento, el testigo tiene la media más baja con (13,75). En resumen, todos los tratamientos con fertilización, especialmente T_{13} (Fertilización NPK), aumentan significativamente el parámetro medido de número de hileras en comparación con el control. Los tratamientos clasificados como A son los más efectivos.

Uno de los factores influenciados por la característica genotípica de la planta de maíz es el número de granos/hilera en las mazorcas, lo que se pudo contrastar en el análisis de varianza al no obtener diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos excepto con los tratamientos T_8 (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) y T_{14} (Testigo sin fertilización), que pertenecen a diferentes grupos de significancia por lo que podemos decir que estos tratamientos tienen diferencias estadísticas en comparación al resto por que los resultados que obtienen con ellos son diferentes.

En la Figura 27 se puede observar el promedio de número de hileras obtenido muestra al tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con el mayor número de 16,58 hileras, El número de hileras oscila entre aproximadamente 13,75 y 16,33 mostrando una variabilidad moderada entre los tratamientos en general, la mayoría de los tratamientos se mantienen en un rango similar, con algunas excepciones notables como el T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) que muestra el número más alto de hileras (16,34) lo que indica que este tratamiento es el más efectivo en términos de producción de hileras, T₁₄ (Testigo sin fertilización) presenta el número más bajo de hileras (13,75), lo que resalta la importancia de los tratamientos aplicados en comparación con la ausencia de fertilización. El resto de los tratamientos muestran un rendimiento relativamente constante, con números de hileras que oscilan entre 15,50 y 16,17, mientras que el T₈ (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) y T₉ (15,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) presentan una ligera disminución en comparación con otros tratamientos, pero aún se mantienen en un rango aceptable.

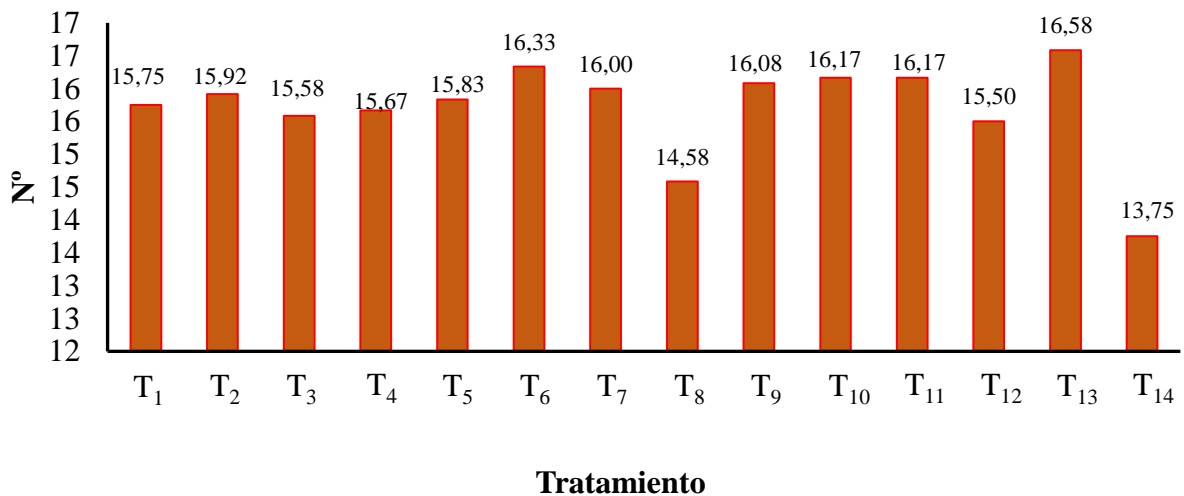


Figura 27. Promedios de número de hileras por mazorca por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

Los tratamientos que han mostrado mejores resultados en el número de hileras son T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), lo que sugiere que la combinación de

nutrientes y microorganismos es efectiva, la diferencia significativa entre el tratamiento testigo T₁₄ (Testigo sin fertilización) y los demás tratamientos subraya la necesidad de aplicar fertilización para mejorar el rendimiento.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo señalado por INTEROC (2021) donde manifiesta que el número de hileras/mazorca del híbrido simple ATLAS 777 se encuentra dentro del rango de 14 a 16, coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Morales (2018), menciona que en su investigación encontró promedios de 15,25; 19,00 y 19,25 hileras/mazorca en el híbrido Atlas.

d. Número de granos/hilera

Según el ANVA ($\alpha = 0,05$) observado en la Tabla 24 para la variable número granos/hilera al utilizar las diferentes dosis de *N. sphaericum*, micorriza y fertilización NPK, en los tratamientos se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo tanto, los tratamientos en sus diferentes dosis están influenciando en el número de hileras de mazorca, es decir que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente al resto. El valor del C.V. obtenido es de 2,85 %, según Calzada (1986) este valor indica que las unidades experimentales se comportaron de manera, lo que sugiere que los datos registrados en campo fueron semejantes referentes Al número de granos/hilera. El valor obtenido para el R² fue de 0,69 esto indica que un 69 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio y el 31 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. Di rienzo et al. (2008), mencionan que el valor del coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la Tabla 25 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se observó en la Tabla 34 diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 41,09 granos; el T₁₃ (fertilización NPK 20-20-20) con una media de 40,83, el T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 40,42 y el T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), y T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) tienen medias que se sitúan entre 39,17 y 39,92, también perteneciendo a la categoría A.

Los tratamientos que presentan resultados más bajos, con medias que oscilan entre 36,84 y 38,83, son el T₁₄ (Testigo sin fertilización) con media de 36,84 y el T₇ (5,00 g de Resid MG) y T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*), con medias de 37,33 y 37,00, están en la categoría “B”.

La clasificación en A y B indica que los tratamientos en la categoría A no tienen una diferencia significativa, pero son significativamente superiores a los de la categoría B. Los tratamientos que combinan Resid MG, con fertilización NPK son los más efectivos, el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización), muestra una media significativamente menor que la de los otros tratamientos.

Los resultados obtenidos son similares a los valores mencionados por Baltazar (2014), quien obtuvo promedios de 41 granos/hilera en su trabajo realizado en la localidad de Tulumayo. Así mismo, Urquía (2004), obtuvo promedios de 38,05 granos en su trabajo de investigación realizado en la localidad de Tulumayo y para la localidad de Afilador obtuvo 39,57 granos/hilera. Al respecto, Medina (2010), afirma que el objetivo de la aplicación de fertilizantes es proporcionar una cantidad adecuada de nutrientes cuando el cultivo lo requiere durante sus distintas fases de crecimiento. Además, la mayor o menor cantidad de granos y su peso se derivan de la fotosíntesis y la respiración; estos son procesos que se ven afectadas directa o indirectamente por la presencia de nutrientes, y de esto dependerá la relación entre tuza y grano. Mientras que Virgen et al. (2010) señalan que la aplicación de fertilizantes químicos está directamente relacionada con el número de granos.

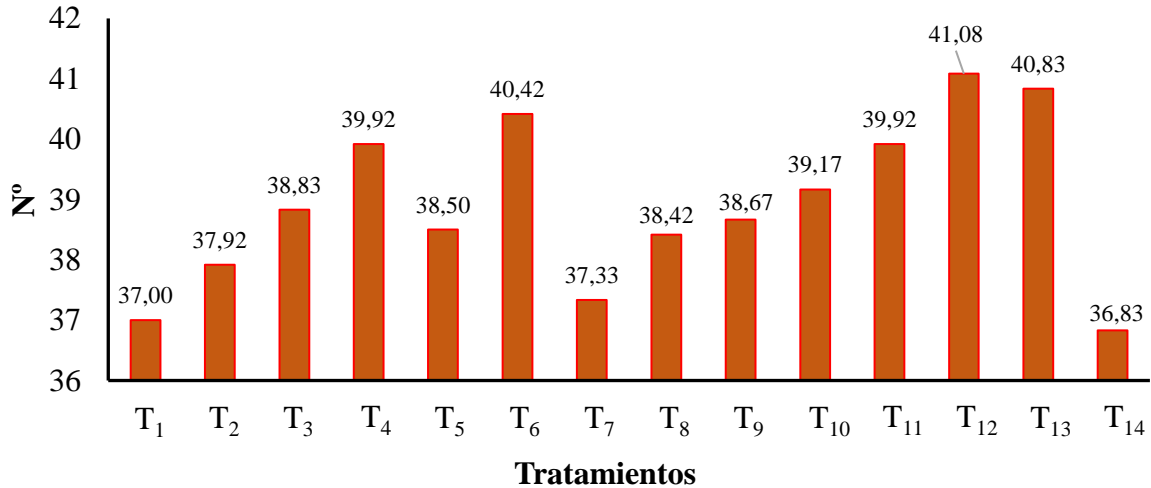


Figura 28. Promedios de número de hileras/mazorca por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

En la Figura 28 se puede observar que el número de granos/hilera varía entre 36,83 y 4,08 indicando una diferencia notable en el rendimiento entre el número de granos,

se observa que el tratamientos con mayor promedio es el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con 41,08 granos y el T₁₃ (Fertilización NPK), con 40,83 granos son los tratamientos que muestran el mayor número de granos/hilera, esto indica que los tratamientos mencionados son altamente efectivos, en cuanto al mínimo rendimiento tenemos que el T₁₄ (Testigo sin fertilización), con 36,83 granos, presenta el promedio de número de granos más bajo, lo que resalta la importancia de la fertilización en el rendimiento.

Los tratamientos T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y T₁₃ (Fertilización NPK) presentan la mayor eficacia en cuanto a la cantidad de granos/hilera, lo que indica que las mezclas de nutrientes y microorganismos en estos tratamientos son los mejores. La diferencia notable entre el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) y los otros tratamientos resalta la importancia de implementar tratamientos apropiados para optimizar el desempeño.

e. Peso de 100 granos

Mediante la prueba de ANVA ($\alpha=0,05$) observado en la Tabla 24 para la variable peso de 100 granos, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio lo que sugiere que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente al resto. El C.V. obtenido fue de 5,45 %, indica que las repeticiones tuvieron un comportamiento con excelente homogeneidad, esto se debe a que los datos registrados en campo tienen una menor dispersión alrededor de su media y por lo tanto una mayor homogeneidad. El valor obtenido referente al R² fue de 0,89 esto significa que un 89 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio y el 11 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. Según Di Rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la prueba de DGC ($\alpha=0,05$) mostrado en la Tabla 25, se encontró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₃ (fertilización NPK) con una media de 30,12 el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 28,96 que pertenecen todos a la categoría A por lo tanto podemos afirmar que con estos tratamientos estadísticamente se pueden obtener resultados superiores. El tratamiento que presenta promedio más bajo, con media de 15,50 g es el T₁₄ (testigo sin fertilización) correspondiente a la categoría D.

Los tratamientos T₁₃ (Fertilización NPK) y T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), poseen una clasificación A, lo que indica que sus efectos superan notablemente a los de los demás tratamientos que se clasifican como B, lo que señala que, pese a ser menos eficaces que A, aún ofrecen resultados aceptables. Los tratamientos T₉ (15,00 g de

Resid MG *Glomus iranicum*), T₈ (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*), T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) y T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) poseen una clasificación C, lo que indica que su desempeño disminuye significativamente con relación a los tratamientos anteriores. El tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización), con un promedio de 18,12 se clasifica como D, lo que evidencia la ineficacia de evitar el uso de fertilizantes.

Los tratamientos que incluyen la fertilización NPK especialmente T₁₃ (Fertilización NPK), muestran un claro beneficio en comparación con los tratamientos que dependen únicamente de *N. sphaericum* o Resid MG, sugiriendo que los fertilizantes químicos mejoran significativamente el rendimiento. Estos resultados se asemejan con los obtenidos por Urquía (2004), donde logró un promedio de peso de 100 semillas de 34,82 y 33,76 gramos en su ensayo realizado en la localidad de Afilador y Tulumayo, respectivamente, resultados que se asemejan a los obtenidos en nuestro trabajo. En adición Rojas (2005) en su trabajo de investigación obtuvo promedios de 28,39 y 30,47 g en las localidades de Afilador y Naranjillo respectivamente.

En referencia al parámetro de peso de 100 granos evaluado Astopilco (2015), sugiere que debemos tener mucho cuidado con nuestras plantas al momento de floración es en ese momento donde va a ver mayor floración y por consecuencia un buen rendimiento de granos de buena calidad.

En la Figura 29 se observa una tendencia variable a lo largo de los tratamientos. Se observa que tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK), muestra el peso más alto con 30,12 g, esto sugiere que el tratamiento aplicado fomenta un mayor desarrollo en el peso de los granos frente a los demás. Tanto el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 28,96 g como el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), con una media de 27,45 g también presentan pesos considerables, sugiriendo que estos tratamientos también son efectivos, aunque no tanto como el T₁₃ (Fertilización NPK). El tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización), muestra el peso más bajo con 15,50 g. Esto indica que quizás no se aplicaron métodos o insumos que favorezcan el crecimiento.

Hay cambios muy notorios entre algunos tratamientos. Por ejemplo, el descenso del T₉ (15,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) con un promedio de 26,94 g y el T₁₄ (Testigo sin fertilización), con una media de 15,50 g, sugiere que hay tratamientos ineficaces que podrían estar afectando el rendimiento.

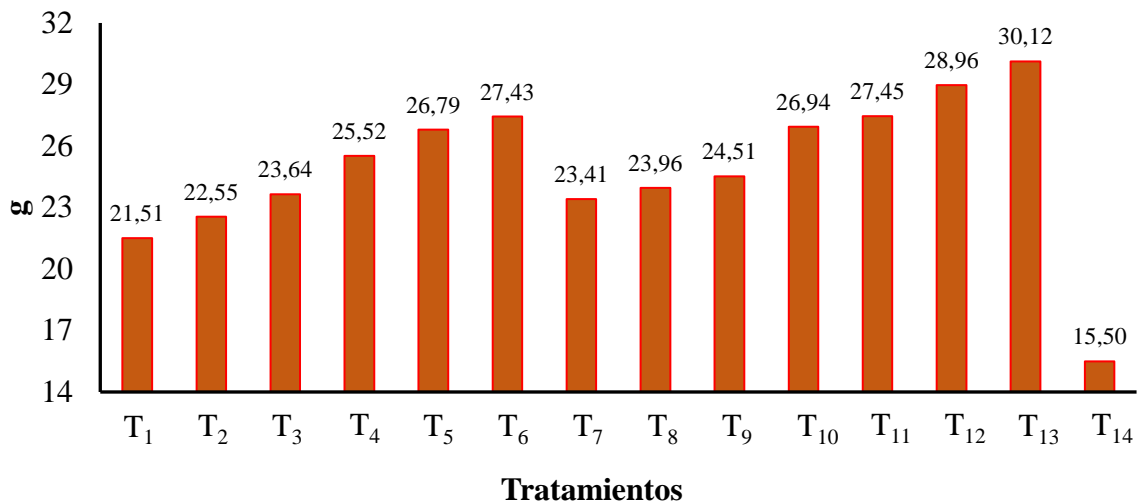


Figura 29. Promedios de peso de 100 granos/mazorca por tratamiento

Leyenda:

T ₁ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₈ : 10,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₂ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₉ : 15,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)
T ₃ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i>	T ₁₀ : 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₄ : 100,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₁ : 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₅ : 200,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₂ : 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK
T ₆ : 400,00 g de <i>Nostoc sphaericum</i> + Fertilización NPK	T ₁₃ : Fertilización NPK (20-20-20)
T ₇ : 5,00 g de Resid MG® (<i>Glomus iranicum</i>)	T ₁₄ : Testigo (sin fertilización)

f. Rendimiento estimado

Al realizar la prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$), para los tratamientos estudiados Tabla 24, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que todos los tratamientos tienen un comportamiento igual y se acepta la hipótesis alterna de que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto en las medias obtenidas para el parámetro rendimiento/ha. El C.V. fue de 5,59 % lo que significa que entre las repeticiones hubo un comportamiento con excelente homogeneidad. El valor obtenido referente al R^2 fue de 0,91 esto significa que un 91 % de los resultados encontrados tienen una dependencia de los tratamientos en estudio frente a la variable respuesta y el 9 % de los resultados manifiestan una dependencia relacionada a otros factores. Según Di Rienzo et al. (2008), el coeficiente de determinación oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca estés de la unidad, más dependiente estás de lo que quieres mostrar.

En la Tabla 25 prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) se encontró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T₁₃ (fertilización NPK) con una media de 10,56 t/ha, el tratamiento T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 10,15 t/ha que pertenecen todos a la categoría A por lo tanto podemos afirmar que con estos tratamientos estadísticamente se pueden obtener rendimientos superiores en t/ha. El tratamiento

que presenta promedio más bajo, con media de 5,43 g es el T₁₄ Testigo (sin fertilización) correspondiente a la categoría “D”.

Los tratamientos T₁₁, T₆, y T₁₀ también son los que presentan rendimientos relativamente altos 9,45 y 9,62 t/ha, indicando que añadir elementos como Resid MG o *N. sphaericum* a la fertilización NPK puede contribuir a buenos resultados. El tratamiento T₁₄, el testigo sin fertilización muestra el rendimiento más bajo con 5,43 t/ha, confirmando la importancia de la fertilización para el rendimiento del maíz. Tanto la utilización de NPK como de residuos naturales (Resid MG y *N. sphaericum*) tiene un efecto positivo en el rendimiento del maíz. Para optimizar la producción, los tratamientos T₁₃ y T₁₂ son recomendados por su alto rendimiento y significancia.

En la Figura 30 se observa una tendencia creciente hasta llegar a los tratamientos T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con 9,62 t/ha y el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con un promedio de 10,15 t/ha, alcanzando su pico en T₁₃ (Fertilización NPK 20) con 10,56 t/ha. Sin embargo, el rendimiento disminuye drásticamente en T₁₄ (Testigo sin fertilización) con una media de 5,43 t/ha, que representa el testigo sin fertilización.

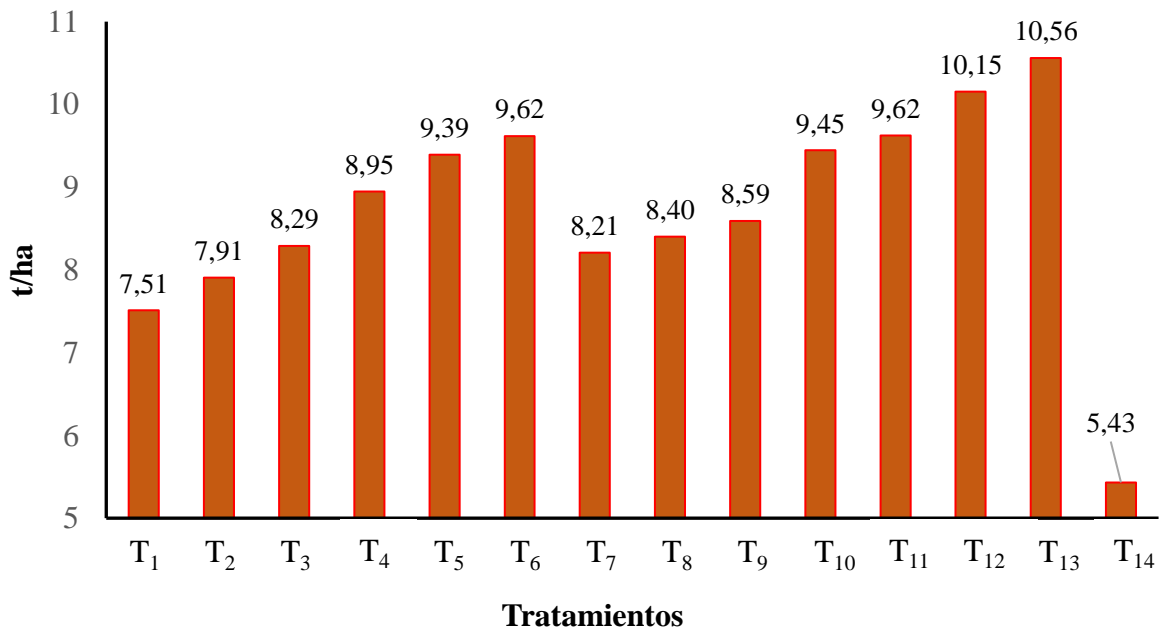


Figura 30. Promedios de rendimiento de maíz en kg/ha por tratamiento

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Los Tratamientos con mejores rendimientos fueron el T₁₃ (Fertilización NPK 20-20-20) con un promedio general de 10,56 t/ha y el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una media de 10,15 t/ha, lideran el rendimiento, sugiriendo que los métodos de fertilización aplicados en estos tratamientos son altamente efectivos. Los tratamientos T₉ (15,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*), T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK), tienen rendimientos que oscilan entre 9,45 y 9,62 t/ha, mostrando una respuesta moderadamente positiva, pero no tan alta como los anteriores. El bajo rendimiento se obtuvo con el tratamiento T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) con un promedio de 7,51 t/ha y el T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) con un promedio de 7,91 t/ha presentan los rendimientos más bajos, indicando que las prácticas utilizadas en estos tratamientos no son efectivas.

La caída drástica en T₁₄ (Testigo sin fertilización), destaca la necesidad de fertilización para lograr rendimientos óptimos. Los tratamientos que incorporan NPK u otros elementos naturales como con el T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y el T₁₃ (Fertilización NPK) revelan un impacto positivo en el rendimiento del maíz.

4.8. Efecto de la inoculación de *Nostoc Sphaericum* (cushuro) y micorrizas en las propiedades químicas del maíz

4.8.1. Análisis foliar

En la Tabla 26 se muestran los resultados del análisis foliar obtenidos al finalizar el experimento estos se compraron con los rangos de la Tabla 5 de suficiencia de nutrientes para la planta de maíz descritas por Voss (1993) donde son considerados como óptimos para el N de 2,7 % a 3,5 % en nuestros resultados obtuvimos niveles de entre 2,41 % con el tratamiento T₅, con el tratamiento T₉ un nivel de 2,49 % y con el tratamiento T₈ se obtuvo un nivel de 2,55 % siendo estos niveles por debajo de lo considerado como óptimo. Los demás tratamientos que conforman el análisis foliar se encuentran dentro de los rangos considerados como óptimos encontrándose promedios que van de 2,70 % a 3,23 % que este último tiende a un nivel alto. Para el P los rangos considerados como óptimos son de 0,20 % a 0,40 %, en el análisis foliar se encontró niveles de 0,41 % con el tratamiento T₆ a 0,95 % con el tratamiento T₁₃, estos niveles se consideran como óptimos hasta muy altos como lo obtenido por el tratamiento T₁₃. En el Ca se encontró contenidos de entre 0,33 % con el tratamiento T₁ y 1,14 % con el tratamiento T₁₃; los rangos óptimos de este nutriente se encuentran entre 0,20 % a 0,60 %; por lo que el contenido de Ca en las hojas de maíz analizadas está en un rango óptimo a muy alto. Para el Mg los niveles adecuados son de 0,20 % a 0,60 % por lo que podemos decir que los 14 tratamientos

en estudio solo los tratamientos T₇ igual a 0,27 %, T₈ igual a 0,22 %, T₁₀ igual a 0,23 %, T₁₁ igual a 0,21 %, T₁₃ igual a 0,59 % y T₁₄ igual a 0,34 % se encuentran dentro del rango óptimo, siendo estos dos últimos los que se encuentran en un rango de contenido de Mg alto. El K en las hojas se considera en un nivel idóneo cuando se encuentra entre 1,70 a 2,50 %, los tratamientos con niveles de K óptimos hasta altos fueron el T₈ con un nivel de 1,978, T₉ con un nivel de 1,88 %, T₁₀ con un nivel de 1,75 %, T₁₁ con un nivel de 2,24 %, T₁₂ con un nivel de 1,972; y el T₁₃ con un nivel de 3,38 %. El Zn se considera un rango óptimo de 20 a 70 ppm, los contenidos de Zn en las hojas evaluadas fueron variable encontrándose los rangos óptimos con los tratamientos T₁ con un nivel de 24,07 ppm, el T₂ con un nivel de 24,07 ppm, T₃ con un nivel de 21,26 ppm, T₈ con un nivel de 26,25 ppm, T₁₂ con un nivel de 21,26 ppm y el T₁₃ con un nivel de 20,92 ppm. En cuanto al Fe foliar los rangos idóneos se encuentran entre 21 a 250 ppm, en el análisis foliar realizado se encontró que de los 14 tratamientos evaluados solo los tratamientos T₆ con un contenido de 16,82 ppm, el T₁₂ con un contenido de 18,77 ppm se encuentran con un rango bajo en el contenido de Fe foliar, los demás tratamientos tienen un contenido óptimo siendo el tratamiento T₁₃ con un contenido de 80,12 ppm el tratamiento mayor contenido de Fe. El Cu se considera que se encuentra en un rango óptimo cuando está entre 6 a 20 ppm, en el análisis foliar realizado se encontró que los tratamientos T₄ con 12,08 ppm; T₆ con 7,41 ppm; T₇ con 10,36 ppm; T₁₀ con 9,74 ppm; T₁₁ con 9,09 ppm; T₁₂ con 6,11 ppm; T₁₃ con 18,38 ppm y el T₁₄ con 8,33 ppm se encuentran dentro del rango óptimo para este nutriente. El contenido de Mn foliar encontrado en el análisis foliar se encuentra dentro del rango óptimo que es de 20 a 150 ppm.

En la Tabla 27 se muestra los resultados obtenidos en el ANVA con un nivel de significancia de ($\alpha= 0,05$) para las variables estudiadas de M.O. N, P, Ca, Mg, K, Zn, Fe, Cu, y Mn al inocular las diferentes dosis de cushuro, micorriza y utilizar fertilización NPK, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio ya que las medias correspondientes al K, Ca, Mg, Fe y Cu por lo tanto, los tratamientos en sus diferentes dosis están influenciando en los promedios obtenidos de estos nutrientes en el análisis foliar. Los C.V. obtenidos fueron de 26,97 % para M.O. 16,55 % para N, 47,04 % para P, 22,14 % para K, 21,12 % para Ca, 19,22 % para Mg, 33,50 % para Zn, 29,01 % para Fe, 46,16 % para Cu y 64,99 % para Mn foliar esto sugiere que entre las unidades experimentales de cada tratamiento los datos tienen excelente homogeneidad esto puede interpretarse a que los datos registrados en campo tienen una menor dispersión alrededor de su media y por lo tanto una mayor homogeneidad, excepto con el coeficiente de variabilidad del P, Zn, Fe, Cu y Mn lo que sugiere que hay una variabilidad moderada en los datos en relación con su promedio, lo que permite comparar la dispersión entre diferentes conjuntos de datos de distintos tamaños o unidades.

Tabla 26. Análisis foliar al finalizar el experimento

Tratamiento	M.O. (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
T ₁	2,685	2,912	0,533	0,325	0,110	1,056	24,076	39,359	3,339	88,349
T ₂	2,887	2,828	0,466	0,385	0,113	1,190	24,070	31,487	3,247	78,557
T ₃	2,630	2,870	0,455	0,324	0,134	1,041	21,258	26,571	4,571	92,104
T ₄	3,415	3,005	0,448	0,390	0,139	1,199	18,236	50,484	12,088	87,757
T ₅	2,944	2,408	0,598	0,438	0,163	1,201	16,037	29,049	2,626	77,747
T ₆	2,369	2,702	0,406	0,390	0,159	1,454	15,263	16,817	7,410	81,835
T ₇	2,663	2,982	0,482	0,795	0,269	1,688	15,283	24,071	10,362	81,112
T ₈	2,893	2,548	0,462	0,526	0,220	1,977	26,253	27,132	4,759	118,954
T ₉	2,652	2,492	0,468	0,742	0,190	1,881	15,787	22,357	3,642	207,116
T ₁₀	2,223	2,982	0,526	0,440	0,227	1,755	16,690	34,445	9,740	143,327
T ₁₁	2,721	3,276	0,440	0,472	0,208	2,242	19,655	28,413	9,087	132,295
T ₁₂	3,185	3,094	0,463	0,448	0,196	1,972	21,261	18,771	6,110	154,160
T ₁₃	2,500	3,234	0,946	1,138	0,594	3,380	20,916	80,120	18,381	105,140
T ₁₄	2,898	3,024	0,445	0,354	0,341	1,263	16,727	57,761	8,330	76,175

Leyenda:**T₁:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum***T₂:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum***T₃:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum***T₄:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₅:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₆:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T₇:** 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₈:** 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₉:** 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T₁₀:** 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₁:** 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₂:** 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T₁₃:** Fertilización NPK (20-20-20)**T₁₄:** Testigo (sin fertilización)**Tabla 27.** Prueba de ANVA ($\alpha = 0,05$) referido al análisis foliar

Fuente de Variación	G.L.	M.O.		N %		P ₂ O ₅ %		K %		Ca %		Mg %		Zn ppm		Fe ppm		Cu ppm		Mn ppm	
		CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor	CM	P valor
Bloque	3	1,03	0,149	0,65	0,047	0,16	0,054	0,25	0,154	0,01	0,638	2,8E-03	0,202	108,56	0,067	203,21	0,121	18,76	0,221	12 627,37	0,075
Tratamiento	13	0,38	0,760	0,26	0,343	0,07	0,299	1,62	<0,0001	0,21	<0,0001	1,7E-03	<0,0001	54,84	0,252	1164,79	<0,0001	70,80	<0,0001	5 703,45	0,372
Error	39	0,55		0,22		0,06		0,13		0,01		0,06		42,03		98,36		12,24		5 090,85	
Total	55																				
C.V.		26,97		16,55		47,04		22,14		21,12		19,22		33,50		29,01		46,16		64,99	

El valor obtenido referente al R^2 fue de 0,27 % para M.O. 0,38 % para N, 0,38 % para P, 0,81 % para K, 0,86 % para Ca, 0,92 % para Mg, 0,39 % para Zn, 0,80 % para Fe, 0,67 % para Cu y 0,36 % para Mn un R^2 más alto significa una mayor capacidad del modelo para explicar la variabilidad en la variable dependiente.

Los resultados obtenidos en la Tabla 28 prueba DGC ($\alpha = 0,05$) no se encontró diferencias estadísticas significativas para la variable M.O. resultando como mejor Tratamiento T₄ (100 g de *Nostoc sphaericum* + fertilización NPK) tiene la mayor media con 3,42 % y el tratamiento T₁₀ (5 g de Resid MG + fertilización NPK) obtuvo la menor media con 2,22 %. La materia orgánica en T₄ puede deberse a la combinación de *N. sphaericum*, que favorece la acumulación de humus, y la fertilización NPK, que mejora la disponibilidad de nutrientes y estimula la actividad microbiana. El N foliar no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos por lo que los tratamientos tuvieron un efecto similar en el contenido de este nutriente, el mejor tratamiento resultó ser el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con un promedio de 3,28 % y el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con un promedio de 3,23 % tienen los niveles más altos, el tratamiento con promedio más bajo fue el T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 2,63 %. Los resultados obtenidos por los tratamientos T₁₁ y T₁₃ pueden deberse a que las fuentes utilizadas tienen buen contenido de N. En cuanto al contenido de K foliar se encontraron diferencias estadísticas significativas lo que significa que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente al resto resultando, siendo el mejor tratamiento el T₁₃ (Fertilización NPK) con una media de 0,95 y el Tratamiento T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 0,57 presenta el segundo mejor promedio de P foliar, el tratamiento T₁₃, que utiliza fertilización NPK, probablemente aporta una mayor cantidad de P al suelo y el tratamiento con menor promedio resultó ser el T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK). Para el K foliar se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, resultando el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con una media de 3,38 con el contenido más alto y con promedio más bajo el tratamiento T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) con una media de 1,04 ppm, el alto contenido de K en T₁₃ se debe a la fertilización NPK que incluye K, lo que resulta en un suministro adecuado para las plantas a diferencia del tratamiento T₃, que no utiliza fertilización. En el contenido de Ca se encontraron diferencias estadísticas significativas siendo el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) con un promedio de 1,14 % y el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*)) tiene el segundo mayor promedio con 0,80 % de contenido de Ca en las hojas, el promedio más bajo se obtuvo con el tratamiento T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*) con una media de 0,32 % esto indica que la

aplicación de tratamientos basados en fertilización química tiene un mejor efecto en la absorción de Ca en la planta. Referente al contenido de Mg en las hojas de maíz se obtuvo que el tratamiento con el mejor promedio el T₁₃ (Fertilización NPK) con un promedio de 0,59 % y con menor promedio el tratamiento T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) con una media de 0,11 %. El contenido de Zn resultó mayor con el tratamiento T₈ (10,00 g de Resid MG (*Glomus iranicum*) con 26,25 ppm seguido del T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) con un promedio de 24,08 ppm y con menor promedio el tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 15,26 ppm lo que indica que este tratamiento es el menos eficiente para la absorción de este nutriente. El contenido de Fe en las hojas tuvo mejor resultado con el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) al tener un promedio de 77,66 ppm diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos en comparación del tratamiento T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una media de 16,82 ppm. Para el contenido de Cu en la planta de maíz se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio siendo el T₁₃ (Fertilización NPK) el que tiene mejor resultado con un promedio de 18,38 ppm y el tratamiento T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) con una media de 3,25 ppm resultó ser el menor. En el contenido de Mn foliar no se encontraron diferencias estadísticas significativas resultando el tratamiento con mejor promedio el T₉ (15,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) con un promedio de 207,12 ppm y el tratamiento con menor contenido de este nutriente el T₁₄ (testigo sin fertilización) con 76,18 ppm de promedio

La fertilización química puede aumentar significativamente el contenido de macronutrientes (N, P, K) en las hojas de maíz, lo que favorece el crecimiento y el rendimiento del cultivo. Sin embargo, su uso excesivo o desbalanceado puede provocar desequilibrios nutricionales, reducir la disponibilidad de micronutrientes y afectar negativamente la salud del suelo. Por ello, es recomendable combinar la fertilización química con prácticas de manejo integrado de nutrientes para optimizar la nutrición del maíz y mantener la sostenibilidad del sistema agrícola.

Enebe et al. (2016) en su artículo científico titulado “Efectos de tratamientos inorgánicos y orgánicos sobre la comunidad microbiana de la rizosfera del maíz mediante un enfoque metagenómico de tipo Shotgun” comparó diferentes tipos de fertilización química y su impacto en el contenido de nutrientes en hojas de maíz. Se observó que la fertilización con NPK aumentó el contenido de macronutrientes, pero no mejoró significativamente los niveles de micronutrientes. Garcia et al. (2021) en su artículo científico titulado “Estudio de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz, en una comuna” propuso determinar las diferencias dadas en el desarrollo morfológico del cultivo.

Tabla 28. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) referidos a materia orgánica, carbono, nitrógeno, fósforo y potasio foliar

Materia Orgánica			Nitrógeno			Fósforo			Potasio			Calcio			Magnesio			Zinc			Fierro			Cobre			Manganeso		
Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig	Trat	Medias	Sig
T ₄	3,42	a	T ₁₁	3,28	a	T ₁₃	0,95	a	T ₁₃	3,38	a	T ₁₃	1,14	a	T ₁₃	0,59	a	T ₈	26,25	a	T ₁₃	77,66	a	T ₁₃	18,38	a	T ₉	207,12	a
T ₁₂	3,19	a	T ₁₃	3,23	a	T ₅	0,57	b	T ₁₁	2,24	b	T ₇	0,80	b	T ₁₄	0,34	b	T ₁	24,08	b	T ₁₄	57,76	b	T ₄	12,09	b	T ₁₂	154,16	a
T ₁₄	2,90	a	T ₁₂	3,09	a	T ₁	0,53	b	T ₈	1,98	b	T ₉	0,74	b	T ₇	0,27	c	T ₂	24,07	b	T ₄	50,48	b	T ₇	10,36	b	T ₁₀	143,33	a
T ₈	2,89	a	T ₁₄	3,02	a	T ₁₀	0,53	b	T ₁₂	1,97	b	T ₁₁	0,53	c	T ₁₀	0,23	c	T ₁₂	21,26	b	T ₁	39,36	c	T ₁₀	9,74	b	T ₁₁	132,29	a
T ₂	2,89	a	T ₇	2,98	a	T ₇	0,48	b	T ₉	1,88	b	T ₈	0,53	c	T ₈	0,22	c	T ₃	21,26	b	T ₁₀	34,44	c	T ₁₁	9,09	b	T ₈	118,95	a
T ₁₁	2,72	a	T ₁₀	2,98	a	T ₁₁	0,47	b	T ₁₀	1,76	b	T ₁₂	0,45	c	T ₁₁	0,21	c	T ₁₃	20,92	b	T ₂	31,49	c	T ₁₄	8,33	b	T ₁₃	105,14	a
T ₁	2,69	a	T ₁	2,91	a	T ₉	0,47	b	T ₇	1,69	b	T ₁₀	0,44	c	T ₁₂	0,2	c	T ₁₁	19,66	b	T ₁₁	28,41	c	T ₆	7,41	b	T ₃	92,1	a
T ₇	2,66	a	T ₃	2,87	a	T ₂	0,47	b	T ₆	1,45	c	T ₅	0,43	c	T ₉	0,19	c	T ₄	18,24	c	T ₈	27,13	c	T ₁₂	6,11	b	T ₅	90,02	a
T ₉	2,65	a	T ₂	2,83	a	T ₁₂	0,46	b	T ₁₄	1,26	c	T ₆	0,39	c	T ₆	0,16	d	T ₁₄	16,73	c	T ₃	26,57	c	T ₅	5,04	b	T ₁	88,35	a
T ₅	2,64	a	T ₆	2,70	a	T ₈	0,46	b	T ₄	1,20	c	T ₂	0,39	c	T ₅	0,14	d	T ₁₀	16,69	c	T ₇	24,07	c	T ₈	4,76	b	T ₄	87,76	a
T ₃	2,63	a	T ₅	2,59	a	T ₃	0,46	b	T ₂	1,19	c	T ₄	0,37	c	T ₄	0,14	d	T ₉	15,79	c	T ₅	23,35	c	T ₃	4,57	b	T ₆	81,84	a
T ₁₃	2,50	a	T ₄	2,56	a	T ₁₄	0,45	b	T ₅	1,08	c	T ₁₄	0,35	c	T ₃	0,13	d	T ₅	15,48	c	T ₉	22,36	c	T ₉	3,64	b	T ₇	81,11	a
T ₆	2,37	a	T ₈	2,55	a	T ₄	0,44	b	T ₁	1,06	c	T ₁	0,33	c	T ₂	0,11	d	T ₇	15,28	c	T ₁₂	18,77	c	T ₁	3,34	b	T ₂	78,56	a
T ₁₀	2,22	a	T ₉	2,49	a	T ₆	0,41	b	T ₃	1,04	c	T ₃	0,32	c	T ₁	0,11	d	T ₆	15,26	c	T ₆	16,82	c	T ₂	3,25	b	T ₁₄	76,18	a
EE	0,37		EE	0,24		EE	0,12		EE	0,18		EE	0,05		EE	0,02		EE	3,24		EE	4,96		EE	1,75		EE	35,68	

Leyenda:**T1:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum***T2:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum***T3:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum***T4:** 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T5:** 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T6:** 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK**T7:** 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T8:** 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T9:** 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)**T10:** 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T11:** 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T12:** 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK**T13:** Fertilización NPK (20-20-20)**T14:** Testigo (sin fertilización)

Identificar la mejor nutrición que permita obtener mayores niveles de productividad y que a su vez establezca la relación costo-beneficio de los tratamientos y concluyeron que sus resultados con los tratamientos a base de fertilizantes químicos alcanzaron mayor productividad, mejor desarrollo morfológico, mayor cobertura foliar y por lo tanto mayor contenido nutricional en las hojas

4.9. Análisis de rentabilidad

En la Tabla 29 muestra cómo se obtuvo el índice de rentabilidad dividiendo la utilidad (S/) entre el costo de producción (S/) para cada uno de los tratamientos en estudio y consiste en determinar los costos relacionados en la producción de maíz, para esto se consideró el precio de venta de 1,70 soles. Esto significa que el tratamiento T₁₃ (Fertilización NPK) tiene mayor valor de índice de rentabilidad con 241,29 % y una relación beneficio costo de S/ 2,41 y su utilidad neta fue de S/ 12,69 el segundo tratamiento que mostro mejor respuesta en el índice de rentabilidad (I.R) fue el T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) con I.R. de 138,50 % y una relación beneficio costo de S/ 1,39 y una utilidad neta de S/ 7,41 así mismo se observa que el tratamiento T₁₄ (Testigo sin fertilización) obtuvo un I.R de 143,56 soles, una relación B/C de S/ 1,44 y una utilidad neta de S/ 5,44, por último el tratamiento T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) tiene un índice de rentabilidad con 122,99 % y una relación beneficio costo de S/ 1,23 y su utilidad neta fue de S/ 8,39.

Tabla 29. Análisis de rentabilidad de los tratamientos estudiados

Trat.	Rdto. (t ha ⁻¹)	Valor Bruto	Costo Prod. S/	Costo/kg	Utilidad	B/C	Rentabilidad (%)
T ₁	7,51	12,767	5,353	2,385	7,414	1,385	138,502
T ₂	7,91	13,447	6,915	1,945	6,532	0,945	94,461
T ₃	8,29	14,093	10,040	1,404	4,053	0,404	40,369
T ₄	8,95	15,215	6,823	2,230	8,392	1,230	122,996
T ₅	9,39	15,963	8,385	1,904	7,578	0,904	90,376
T ₆	9,62	16,354	11,510	1,421	4,844	0,421	42,085
T ₇	8,21	13,957	7,790	1,792	6,167	0,792	79,166
T ₈	8,40	14,280	11,790	1,211	2,490	0,211	21,120
T ₉	8,59	14,603	19,790	0,738	-5,187	-0,262	-26,210
T ₁₀	9,45	16,065	9,260	1,735	6,805	0,735	73,488
T ₁₁	9,62	16,354	13,260	1,233	3,094	0,233	23,333
T ₁₂	10,15	17,255	21,260	0,812	-4,005	-0,188	-18,838
T ₁₃	10,56	17,952	5,260	3,413	12,692	2,413	241,293
T ₁₄	5,43	9,231	3,790	2,436	5,441	1,436	143,562

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

Por otro lado, podemos apreciar en la Figura 31 que los tratamientos con mejores resultados de utilidad, pero con valores de beneficio costo menor a 1 son los tratamientos T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) con una utilidad de S/ 7,58 una relación beneficio costo de S/ 0,90 y un I.R de 90,38 %. Seguido del tratamiento T₁₀ (5,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) con una utilidad de S/ 6,80 una relación beneficio costo de S/ 0,74 y un índice de rentabilidad de 73,48 %. Así como también el tratamiento T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) obtuvo una utilidad de S/ 6,53 una relación beneficio costo de S/ 0,95 y un I.R de 94,46 % y por último el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) tiene una utilidad neta de S/ 6,17 una relación beneficio costo de 0,79 así como un I.R de 79,16 %. Con estos datos podemos determinar que para los tratamientos con mejor utilidad por cada sol invertido se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de S/ 12,69; 7,41; y 5,44 soles para los tratamientos T₁₃, T₁ y T₁₄ respectivamente. Para los tratamientos con menor índice de rentabilidad comprendidos por el T₅, T₁₀, T₂ y el T₇.

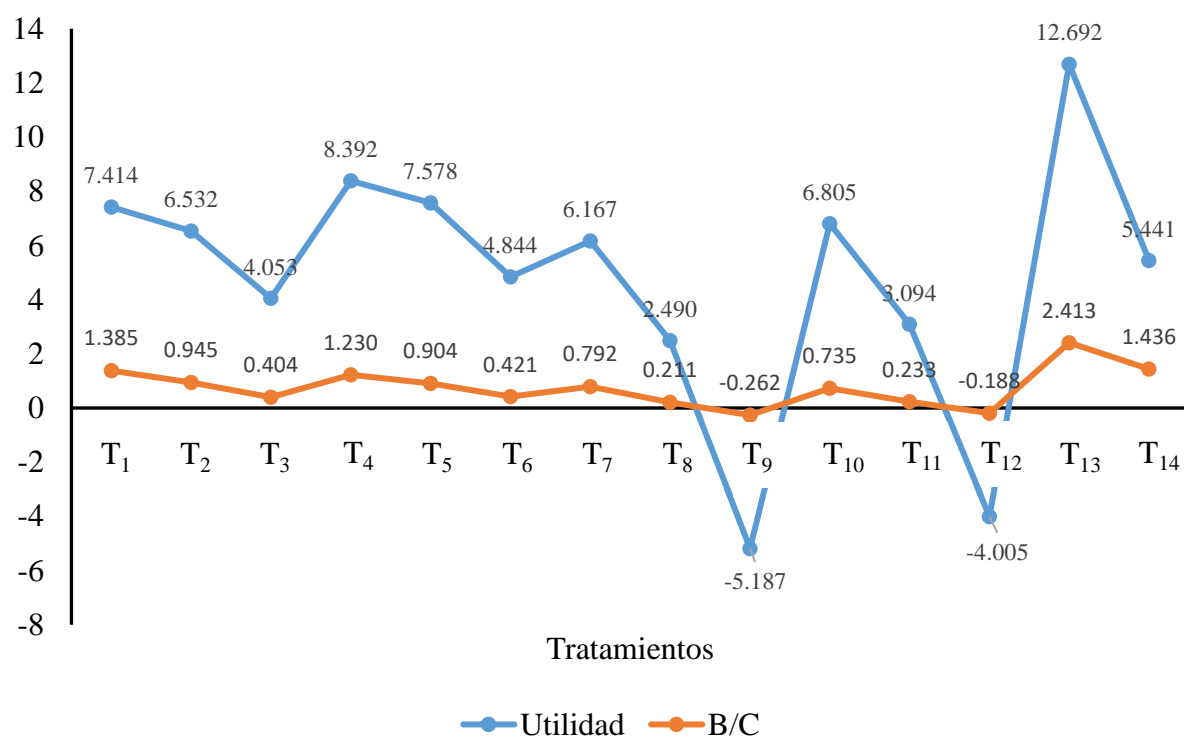


Figura 31. Promedios referidos la utilidad y relación beneficio costo

Leyenda:

T₁: 100,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₂: 200,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₃: 400,00 g de *Nostoc sphaericum*

T₄: 100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₅: 200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₆: 400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK

T₇: 5,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₈: 10,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₉: 15,00 g de Resid MG® (*Glomus iranicum*)

T₁₀: 5,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₁: 10,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₂: 15,00 g de Resid MG® + Fertilización NPK

T₁₃: Fertilización NPK (20-20-20)

T₁₄: Testigo (sin fertilización)

V. CONCLUSIONES

- La inoculación de las diferentes dosis de *N. sphaericum* y micorrizas arbusculares (Resid MG *G. iranicum*) manifestó efectos significativos sobre las propiedades del suelo mejorando sus características en comparación al tratamiento testigo, en cuanto al rendimiento en t/ha se verificó un incremento frente al testigo.
- Las mejores dosis de *N. sphaericum* en la recuperación de las características físicas y químicas del suelo se obtuvieron con la aplicación de los tratamientos T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*), T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y el T₃ (400,00 g de *Nostoc sphaericum*), estos fueron los que mostraron mayores concentraciones de nutrientes en el análisis de suelo. Hubo mayor predominancia de *A. cephalotes*, en relación con los otros invertebrados para los tratamientos T₃ > T₆ > T₁. En la determinación del fraccionamiento físico y químico los tratamientos T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₄ (100,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y el T₂ (200,00 g de *Nostoc sphaericum*) tuvieron los mejores resultados en el contenido de las fracciones de carbono. En la medición de la biometría de la planta de maíz los tratamientos T₆ (400,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK), T₅ (200,00 g de *Nostoc sphaericum* + Fertilización NPK) y T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) obtuvieron los mejores promedios.
- Las mejores dosis de micorrizas arbusculares Resid MG *G. iranicum* en la recuperación de las características físicas y químicas de suelos se obtuvieron aplicando los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) y T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) estos fueron los que mostraron mayores concentraciones de nutrientes en el análisis de suelo. Al usar micorrizas su incidencia de diversidad biológica fue de muy bajo % en relación *N. sphaericum*. En la determinación del fraccionamiento físico y químico los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), T₈ (10,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) tuvieron los mejores resultados en el contenido de las fracciones de carbono. En la medición de la biometría de la planta de maíz los tratamientos T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*), T₁₂ (15,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) y el T₁₁ (10,00 g de Resid MG + Fertilización NPK) obtuvieron los mejores promedios.
- En el análisis de rendimiento los tratamientos T₁ (100,00 g de *Nostoc sphaericum*) y el tratamiento T₇ (5,00 g de Resid MG *Glomus iranicum*) tuvieron la mejor relación beneficio costo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Evaluar la efectividad de los tratamientos en diferentes tipos de suelo para hacer comparativos en suelos con características físicas y químicas variadas y determinar si los efectos positivos de *N. sphaericum* y las micorrizas arbusculares son consistentes en distintos contextos edáficos.
- Monitorear a largo plazo la recuperación del suelo para evaluar la sostenibilidad de los tratamientos incluyendo indicadores como la regeneración de la microbiota nativa, la estabilidad de los agregados del suelo y la recuperación de la vegetación.
- Combinar los tratamientos con otras prácticas de restauración ecológica integrando el uso de *N. sphaericum* y micorrizas arbusculares con otras técnicas, como la siembra de especies vegetales, la aplicación de enmiendas orgánicas o el control de la erosión, para potenciar la recuperación del suelo quemado.
- Realizar estudios económicos y de escalabilidad de los costos de producción y aplicación de estos tratamientos a gran escala, así como su viabilidad en diferentes contextos socioeconómicos. Esto permitirá determinar si son una opción factible para la restauración de suelos quemados en áreas extensas o en regiones con limitaciones económicas.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, E., Carrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., González, S., y Ahumada, I. (2005). *Criterios de calidad del suelo agrícola*. Ministerio de Agricultura – Gobierno de Chile. https://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_agricolas/pdf_suelos/1_portada_indice.pdf
- Aguilar, J., y Anchayhua, L. (2019). *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos aplicando la Cianobacteria Nostoc sphaericum en Lurín – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61662>
- Aguilera, L., Olalde, V., Arriaga, M., y Contreras, R. (2007). Micorrizas arbusculares. *Ciencia Ergo Sum*, 14(3), 299 – 306. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10414307.pdf>
- Afif, K., y Oliveira, P. (2006). Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 15(3), 262- 270. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2174003>
- Araujo, D., Hernández, R., y Vanegas, J. (2018). Efecto de la Inoculación de cianobacterias en cultivos de interés comercial en zonas semiáridas de la Guajira-Colombia. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(1), 20–31. <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.889>
- Arias, N. M. M.; García, V. Q. y Cruz, F. G. (2001). Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un Andisol. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 337–344. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319406.pdf>
- Armas, C. M., Mora J. L., Arbelo C. D. y Rodríguez, A. (2013). Labile carbon pools and biological activity in volcanic soils of the Canary Islands. *Spanish Journal of Soil Science*, 3(1), 7-27. https://www.researchgate.net/publication/256303985_Labile_carbon_pools_and_biological_activity_in_volcanic_soils_of_the_Canary_Islands
- Astopilco, R. M.Y. (2015). Efecto de tres dosis de bioestimulante en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L. hibr. Dow 2B688) en Pacasmayo- La Libertad. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNT. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/7742>
- Azcón, R.; Ambrosano, E. y Charest, C. (2003). Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. *Plant Science*, 165(5), 1137-1145. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00322-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00322-4)

- Bainard, L., Klironomos, J., y Gordon, A. (2011). The mycorrhizal status and colonization of 26 tree species growing in urban and rural environments. *Mycorrhiza*, 21, 91–96. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-010-0314-6>
- Bazauri, A. (2022). Análisis sensorial y proximal para determinar la aceptabilidad en una gelatina a base de cushuro (*Nostoc commune*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3390322>
- Betancourt Yanez, P., González Ríos, J., Figueroa Sandoval, B., y González Cossio, F. (1998). Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 231-237. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316306.pdf>
- Beyers, J., Brown, J., Busse, M., Debano, L., Elliot, W., Folliott, P., Jacoby, G., Knoepp, J., Landsberg, J., Neary, D., Reardon, J., Rime, J., Roichaud, P., Ryan, K., Tiedemann, A., y Zwolinski, M. (2005). *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soils and water*. University of Nebraska, United States Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station. <https://tinyurl.com/3zhxnmn4>
- Bonfante, P., y Genre, A. (2008). Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary developmental perspective. *Trends in Plant Science*, 13(9), 492-498. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.07.001>
- Breland, T. (1995). Green manuring with clover and ryegrass catch crops undersown in spring wheat: effects on soil structure. *Soil Use and Management*, 11(4), 1995, 163-167. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.1995.tb00950.x>
- Brenes, L. (2017). Evaluación de la capacidad de cepas de cianobacterias (Cyanophyta) en la remoción de agroquímicos utilizados en la industria piñera de Costa Rica [Tesis de pregrado, Universidad de Costa Rica]. Repositorio Institucional UCR. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/74635>
- Calegari, A. y Pavan, M. (1995). Effects of corn winter green manure rotation on soil aggregation. *Arquivos de Biología e Tecnologia*, 38(1), 45–53, <https://eurekamag.com/research/002/814/002814708.php>
- Chamorro B., C. E. y Soto, L. H. (1987). Cambios en la comunidad macro faunística en suelos del Vichada (*Quartzipsammentic haplustox*) afectados por las quemadas. *Acta Biológica Colombiana*, 1(3), 11–23. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/20762>

- Calzada, B.J. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. (5^{ta}. Ed.). Milagros. https://www.academia.edu/16965455/M%C3%A9todos_Estad%C3%ADsticos_para_la_Investigaci%C3%B3n
- Carneiro, D. (2018). *Cianobactérias e microalgas autóctones como potenciadoras de crescimento e melhoradoras das estruturas do solo* [Tesis de maestría, Universidade do Porto]. Repositorio Institucional UPorto. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/118831>
- Carter, M. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomic Journal*, 94, 38-40 <https://doi.org/10.2134/agronj2002.3800>.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia, Concepts, Reviews, and Syntheses*, 143, 1–10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Chambi, L. (2022). Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos aplicando la cianobacteria Nostoc como alternativa tecnológica para el tratamiento de suelos [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/30993>
- Cillóniz, F. (17 de julio de 2020). Perú aumenta cada vez más su producción de maíz amarillo duro, pero también importa una gran cantidad. *Agencia Agraria de Noticias - ANDINA*. <https://tinyurl.com/5e4m29k3>
- Cruz, O. (2013). *El cultivo de maíz: Manual para el cultivo de maíz en Honduras*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf>
- Cruz-Macías, Wel Olveín, Rodríguez-Larramendi, Luis Alfredo, Salas-Marina, Miguel Ángel, Hernández-García, Vidal, Campos-Saldaña, Rady Alejandra, Chávez-Hernández, Moisés Hussein, y Gordillo-Curiel, Alder. (2020). Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475-480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Cuervo, B. E. L., Cely, R. G. E. y Moreno, P. D. F. (2016). Determinación de las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo La Cortadera, Boyacá. *Ingenio Magno*, 7(2), 139-149. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4984>
- Dávila, G. (2016). Evaluación agronómica de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en lotes comerciales en la zona de Mata de Cacao, provincia de Los Ríos. [Tesis de pregrado,

- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio institucional UCSG. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5404>
- Deras, F. (2012). *Guía técnica: el cultivo de maíz*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Duffy, J. E. (2002). Biodiversity and ecosystem function: the consumer connection. *Oikos*, 99(2), 201-219 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1034/j.1600-0706.2002.990201.x>
- Elías, N. 2014. Dosis de fertilización en el rendimiento del maíz híbrido Atlas 105 (*Zea mays* L.) en condiciones edafoclimáticas de Venenillo-Tingo María. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1113>
- Enebe, MC, Babalola. (2020). Efectos de los tratamientos inorgánicos y orgánicos en la comunidad microbiana de la rizosfera del maíz mediante un enfoque metagenómico de escopeta. *Ann Microbiol*, 70, s13213 <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01591-8>
- Fernández, K. y Rivera, R. (2003). *Bases científico-técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente*. En: Rivera R. y Fernández K., Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe, edit. Ediciones INCA. https://www.researchgate.net/publication/269993694_Bases_cientifico_-_tecnicas_para_el_manejo_de_los_Sistemas_Agricolas_Micorrizados_Eficientemente
- Fernández, C. y Vega, J. (2011). Erosión después de incendios forestales. *Boletín del CIDEU*, 10, 23-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3869039>
- Forbes, M., Raison, R., & Skjemastad, J. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal Science of the total environment*, 370, 190-206. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16860374/>
- García, C. (21 de julio de 2020). El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú. *Agencia Agraria de Noticias - ANDINA*. <https://tinyurl.com/y46nmbzb>
- García, C., J. M., Castro, P., C. A., y Moreno, M. G. M. (2021). Estudio de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), en una comuna. *Revista Alfa*, 5(14), 145–152. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.105>
- García, A. (2002). *Manejo de la degradación del suelo*. Ciencia del Suelo. https://www.smcsmx.org/files/2023/LIBRO_3_2023.pdf

- Guerrero, C., Gómez, I., y Mataix, J. (2007). El uso de enmiendas en la restauración de suelos quemados. In book: Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Caja Mediterráneo CEMACAM Font Roja-Alcoi
[Inchttps://www.researchgate.net/publication/229189199_El_uso_de_enmiendas_en_la_restauracion_de_suelos_quemados](https://www.researchgate.net/publication/229189199_El_uso_de_enmiendas_en_la_restauracion_de_suelos_quemados)
- González-Pérez, J. A., González-Vila, F. J., & Almendros, G. (2004). The effect of fire on soil organic matter. Review. *Environment International*, 30(6), 855-870.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.02.003>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2012). Análisis y diseño de experimentos. (3^{era} ed). Editorial MC Graw Hill.
https://www.academia.edu/32094439/An%C3%A1lisis_y_dise%C3%B1os_de_experimentos_3ra_edici%C3%B3n_Gutierrez_Pulido_pdf
- Hernández-Reyes B.M., Rodríguez-Palacio M.C., Castilla-Hernández P., Sánchez-Robles J.; Vela-Correa G. y Schettino-Bermúdez B. (2019). Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(1), 13-27.
<http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/73>
- Hidalgo, E. (2013). *Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
<https://repositorio.inia.gob.pe/items/f1f7833d-70e2-4138-8c9e-a53d1ea6cae1>
- Hortus. (2023). Ficha técnica DEKALB 7500. *Hortus*. Lima, Perú.
<https://hortus.com.pe/detalle-producto/maiz/dekalb-7500>
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The Ants*. Cambridge: Harvard University Press.
<https://www.hup.harvard.edu/books/9780674040755>
- Irisarri, P., Gonnet, S., y Monza, J. (2008). *Fijación de nitrógeno por cianobacterias y fertilización en arroz*. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. <https://sisbibliotecas.ort.edu.uy/bib/60110>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/147701>
- Kabir, Z. y Koide, R. T. (2000). The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhiza inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 78(2), 167-174, DOI 10.1016/S0167-8809(99)00121-8.

- Kaspari, M., O'Donnell, S., & Kercher, J. R. (2000). Energy, density, and constraints to species richness: Ant assemblages along a productivity gradient. *The American Naturalist*, 155(2), 280–293. <https://doi.org/10.1086/303313>
- Kirkby, M. J. y Morgan, R. P. (1984). *Erosión del suelo*. Limusa. <https://catalogobiblioteca.puce.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=53801>
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Agronomy Journal*, 112(5), 3265-3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
- Lazo, D. (2018). Inoculación de las cianobacterias *Nostoc sphaericum* para la fertilidad de los suelos áridos en San Antonio de Chaclla de Jicamarca, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28088>
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
- Lemcoff, J. & Loomis, RS. 1994. Nitrogen and density influences on silk emergence, endosperm development, and grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research*, 38(2), 63-72. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90001-9)
- López-Hernández, D. y Hernández-Valencia, I. (2008). Cambios en parámetros físicos, químicos y biológicos en el suelo de una sabana protegida de quema y pastoreo durante veinticinco años. *Bioagro*, 20(3), 151-158 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85714153001>.
- Mataix, S. J. (2000). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contribución a su conservación y regeneración. [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. Repositorio institucional UA. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9988/1/Mataix-Solera-Jorge.pdf>
- Martín, G. M, y Rivera, R. (2015). Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 34-50. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362015000500004&lng=es&tlng=es.
- Martínez, E. (2001). *Manual de quemas controladas: el manejo del fuego en la prevención de incendios forestales*. Mundi-Prensa Libros. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/bib/23971.d>

- Martínez, R. (2014). Aislamiento y evaluación de la viabilidad de cianobacterias de la rizosfera de plantas leguminosas cultivadas en la parroquia Poaló, Latacunga – Cotopaxi [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9395>
- Martínez, K. (2010). *Establecimiento de las condiciones de cultivo de cianobacterias fijadoras de nitrógeno, aisladas de suelos cultivados de papaya* [Tesis de Maestría, Universidad del Mar]. Repositorio Institucional UMAR: <http://coralito.umar.mx:8383/jspui/handle/123456789/230>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Marcano, J. (2012). *La deforestación y la tala excesiva*. Jmarcano. <http://www.jmarcano.com/bosgues/threat/deforesta.html>.
- Oliva, M. (2023). *Efecto de la inoculación con cushuro (Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault) en la fertilidad del suelo* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Institucional Científica. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/2872>
- Parada, C., Rueda, S., Carrero, C., Quintero, N., y Cárdenas, D. (2016). Efecto de la quema en cultivos de hortalizas en Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia, sobre las micorrizas y propiedades del suelo. *Bioagro*, 28(3), 171-180.
- Pastor, M. J., Chirino, L., Palencia, G., Muñoz, B., Rivas, W. y Colina, F. (2017). Efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la Sierra de San Luis, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*, 17(1), 9-18. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90478825002.pdf>
- Perfecto, I., Vandermeer, J., & Wright, A. (2003). *At nature's edge: The multiple values of agroecological systems*. *Frontiers in Ecology and the Environment*. <https://www.researchgate.net/journal/Frontiers-in-Ecology-and-the-Environment-1540-9309>
- Rillig, M. C., Aguilar-Trigueros, C. A., Bergmann, J., Verbruggen, E., Veresoglou, S. D., & Lehmann, A. (2019). Mycorrhizal fungi as mediators of soil organic matter dynamics. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50, 237-259. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062331>
- Rojas, R. (2005). Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de tres cultivares comerciales de maíz (*Zea mays* L.), en dos localidades. [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/9749ddc7-041a-48bb-a449-984c23d086e7>
- Rosero, J., y Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Revista científica de la Facultad de Ingeniería: cuaderno activa*, 5, 59-67. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130>
- Rossi, F., Olguín, E. J., Diels, L., & De Philippis, R. (2017). Microbial fixation of CO₂ in water bodies and in drylands to combat climate change, soil loss, and desertification. *New Biotechnology*, 38, 39-52. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.10.002>
- Shepherd, T., Saggart, S., Newman, R., Ross, W., & Dando, L. (2001). Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Journal Plant and Soil*, 39, 465- 489. <https://www.publish.csiro.au/sr/SR00018>
- Sistema Integrado de Información Taxonómica. (2021). *ITIS Report, Zea mays L. Taxonomic Serial N° 42269*. (ITIS). <https://tinyurl.com/4wma2vvc>
- Sistema Integrado de Información Taxonómica. (2023). *ITIS Report, Nostoc sphaericum Vaucher. Taxonomic Serial N° 1169*. (ITIS). <https://tinyurl.com/38xc7b7m>
- Siddiqui, Z., Akhtar, M. S. & Futai, K. (2008). *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8770-7>
- Symborg. (2023). *Ficha técnica del inoculante biológico Resid MG*. España. <https://symborg.com/pe/bioestimulantes/mycoup/>
- Tester, J.R. 1989. Effects of fire frequency on oak savanna in east-central Minnesota. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 116(2), 134-144. <https://doi.org/10.2307/2997196>
- Toribio, A. (2021). Aplicación de cianobacterias como agentes biofertilizantes, bioestimulantes y bioplaguicidas en etapas tempranas del desarrollo vegetal [Tesis de doctorado, Universidad de Almería]. Repositorio Institucional UAL. <http://repositorio.ual.es/handle/10835/12764>
- Úbeda, X. (2001). *Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal*. Edafología. GRAM. <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%2081/paginas%2041-49.pdf>.
- Urquía, M. 2004. Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de cinco cultivares comerciales de maíz (*Zea mays L.*), en dos localidades. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/53b9e59d-d6a5-4db7-80be-ddfe655dc688>

- Valencia, G. Y., Patiño, R. J., Álvarez, G. M. C., Ortega, R. D. y Echeverri, R. Ó. (2018). Cambio en las propiedades geotécnicas de un suelo sometido a ignición en laboratorio. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 85–107. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a5>
- Vega, J., Landsberg, J., Bará, S., Paysen, T., Fontúrbe, M., y Alonso, M. (2000). Efectos del fuego prescrito bajo arbolado de *P. pinaster* en suelos forestales de Galicia y Andalucía. *Cuadernos de la S.E.C.R.*, 9, 123-136. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6931089.pdf>
- Verma, S., & Jayakumar, S. (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2(3), 168-176. [http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2012-2\(3\)/impact-of-forest-fire.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2012-2(3)/impact-of-forest-fire.pdf)
- Wang, J., & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*, 27(2), 195-226. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.11.002>
- Wan, W. J., J. Tan, Y. Wang, Y. Qin, H. He, H. Wu, W. Zuo, & D. He. 2019. Responses of the rhizosphere bacterial community in acidic crop soil to pH: Changes in diversity, composition, interaction, and function. *Science of The Total Environment*, 700(15), 134418. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134418>.

ANEXOS

Tabla 30. Promedios de mediciones de biometría de la mazorca

Trat.	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Nº de hileras	Nº de granos /hilera	Peso de 100 granos (14 % de H°)	Peso de mazorca (18 % de H°)	% de desgrane	Número de plantas cosechadas	Número de fallas/parcela	% de desgrane	Factor de corrección por fallas	Kg/parcela	Cálculo de rendimiento (Kg/ha)
T ₁	15,75	4,75	16	37	21,51	125,21	17,18	9	0,25	17,18	0,49	7 511,59	7,51
T ₂	15,6	4,49	16	38	22,55	136,26	16,59	9	0,25	16,59	0,49	7 905,96	7,91
T ₃	16,54	4,72	16	39	23,64	143,21	16,55	9	0,25	16,55	0,49	8 288,11	8,29
T ₄	15,75	4,4	16	40	25,52	159,41	16,01	9	0,25	16,01	0,49	8 947,23	8,95
T ₅	16,58	4,59	16	39	26,79	163,37	16,43	9	0,25	16,43	0,49	9 393,36	9,39
T ₆	16,82	4,8	16	40	27,43	180,99	15,16	9	0,25	15,16	0,49	9 616,87	9,62
T ₇	16,33	4,22	16	37	23,41	139,92	16,74	9	0,25	16,74	0,49	8 207,47	8,21
T ₈	15,78	4,66	15	38	23,96	134,14	17,88	9	0,25	17,88	0,49	8 400,30	8,4
T ₉	14,8	4,37	16	39	24,51	152,31	16,11	9	0,25	16,11	0,49	8 593,13	8,59
T ₁₀	15,6	4,63	16	39	26,94	170,38	15,82	9	0,25	15,82	0,49	9 445,08	9,45
T ₁₁	14,95	4,56	16	40	27,45	176,75	15,56	9	0,25	15,56	0,49	9 623,88	9,62
T ₁₂	15,82	4,72	16	41	28,96	183,78	15,76	9	0,25	15,76	0,49	10 153,28	10,15
T ₁₃	17,2	4,86	17	41	30,12	203,84	14,78	9	0,25	14,78	0,49	10 559,97	10,56
T ₁₄	14	4,01	14	37	15,5	78,49	19,75	9	0,25	19,75	0,49	5432,5	5,43

Tabla 31. Promedios de la compactación inicial y final del suelo

Tratamiento	Compactación inicial	Compactación final
T ₁	83,13	75,00
T ₂	91,88	71,88
T ₃	83,13	65,00
T ₄	83,75	67,50
T ₅	84,38	65,00
T ₆	86,88	73,13
T ₇	94,38	65,00
T ₈	85,63	65,00
T ₉	83,75	73,13
T ₁₀	90,00	65,00
T ₁₁	86,88	70,00
T ₁₂	83,75	73,13
T ₁₃	88,75	69,38
T ₁₄	73,75	59,38

Tabla 32. Promedios de densidad aparente y porcentaje de porosidad inicial y final del suelo

Tratamiento	Final Densidad aparente (g/cm³)	Final Porcentaje de porosidad (%)	Inicial Densidad aparente (g/cm³)	Inicial Porcentaje de porosidad (%)
T ₁	1,192	55,028	1,592	39,915
T ₂	1,239	53,228	1,640	38,112
T ₃	1,247	52,930	1,635	38,302
T ₄	1,203	54,618	1,583	40,277
T ₅	1,251	52,810	1,556	41,274
T ₆	1,284	51,552	1,630	38,509
T ₇	1,236	53,349	1,636	38,283
T ₈	1,183	55,365	1,565	40,943
T ₉	1,211	54,307	1,575	40,585
T ₁₀	1,171	55,798	1,564	40,978
T ₁₁	1,213	54,239	1,639	38,142
T ₁₂	1,251	52,799	1,500	43,387
T ₁₃	1,160	56,229	1,543	41,792
T ₁₄	1,211	54,304	1,585	40,196

Tabla 35. Promedios de fraccionamiento químico iniciales y finales de contenidos de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina, carbono total y stock de carbono

Tratamiento	C (AH) inicial	C (AH) final	C(AF) inicial	C(AF) final	C-HM inicial	C-HM final	EST COT mg/ha inicial	EST COT mg/ha final
T ₁	2,66	2,26	19,11	22,34	28,15	34,27	79,32	69,78
T ₂	2,91	2,41	15,45	25,88	28,56	29,66	76,95	71,83
T ₃	2,13	2,51	21,39	24,38	27,11	30,67	82,97	71,60
T ₄	2,66	2,69	20,69	31,48	24,52	35,94	76,00	82,83
T ₅	1,60	2,73	17,74	26,22	28,74	33,29	75,09	77,31
T ₆	2,98	2,16	11,85	20,66	35,63	31,06	82,60	69,61
T ₇	2,44	2,88	17,77	16,24	28,15	40,74	78,94	74,04
T ₈	2,29	2,66	20,55	27,82	29,81	33,87	83,02	78,68
T ₉	1,51	2,48	17,13	17,23	34,22	34,29	83,25	65,49
T ₁₀	2,85	1,94	18,40	23,86	30,20	27,79	80,33	63,36
T ₁₁	2,10	2,16	17,09	22,65	32,82	35,76	85,31	74,16
T ₁₂	2,23	2,44	19,20	27,39	23,01	30,84	66,52	76,01
T ₁₃	1,41	2,19	9,72	14,27	28,92	40,25	61,64	65,85
T ₁₄	1,94	2,35	9,13	24,26	34,47	36,12	72,07	75,82

Tabla 36. Promedios de fraccionamiento físico en el suelo inicial y final de carbono total, carbono de la materia orgánica particulada, carbono de la materia orgánica asociados a los minerales

Tratamiento	C_TOTAL (g/kg) inicial	C_TOTAL (g/kg) final	C_MOP (g/kg) inicial	C_MOP (g/kg) final	C_MOAM (g/kg) inicial	C_MOAM (g/kg) final
T ₁	49,923	58,870	1,254	0,845	48,668	58,025
T ₂	46,916	57,951	1,972	1,816	44,945	56,135
T ₃	50,630	57,562	0,724	1,186	49,906	56,375
T ₄	47,871	70,116	0,879	1,521	46,993	68,595
T ₅	48,084	62,230	1,359	1,365	46,724	60,865
T ₆	50,453	53,884	1,402	1,469	49,051	52,414
T ₇	48,366	59,860	1,094	1,655	47,272	58,205
T ₈	52,646	64,352	1,019	1,266	51,627	63,085
T ₉	52,858	53,990	1,516	1,430	51,342	52,560
T ₁₀	51,443	53,601	1,014	3,926	50,429	49,675
T ₁₁	52,009	60,568	1,717	1,211	50,292	59,356
T ₁₂	44,441	60,674	2,852	5,848	41,589	54,826
T ₁₃	40,056	56,713	1,348	1,926	38,707	54,786
T ₁₄	45,537	62,725	1,402	1,301	44,135	61,424



ANÁLISIS DE SUELOS



1. DATOS

SOLICITANTE:	KEVIN ORTEGA PONTE	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	13/11/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	13/11/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	20/11/2023
CASERIO:	----	RECIBO O FACTURA:	23849
CULTIVO:	----	OBSERVACION:	---

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	CE dS/m	M.O.	N	C	Cd	Pb	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb	P	K	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Acidos Cambiables %	Saturación de Aluminio %
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural																										
CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%		1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	S1274A	SQ	49.52	13.78	36.72	Franco	4.93	0.179	2.314	0.116	1.342	0.029	31.120	88.440	1.788	4.092	150.820	0.0020	8.920	12.298	145.849	---	1.936	0.278	0.291	0.054	1.360	0.040	3.958	64.631	38.388	34.358
2	S1274B	SNQ	43.52	15.76	40.72	Franco	4.22	0.237	0.877	0.034	0.393	0.010	33.280	94.080	1.728	2.498	278.770	0.0002	9.860	8.354	56.862	---	1.367	0.212	0.081	0.053	2.160	0.240	4.083	41.221	58.779	52.901

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMIA
[Signature]
ING. LUIS GERMAN MANILLA MINAYA
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 32. Resultados de análisis de caracterización de suelo antes de quemar y después de quemar la parcela experimental



SOLICITANTE: KEVIN ORTEGA PONTE
 PROCEDENCIA: PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANOUCO

FECHA DE REPORTE: 16/07/2024
 FACTURA ELECTRONICA N° 43363

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO																	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo			dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio		Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%		%	%	
			%	%	%			1:1	1:1	%	%	%	ppm		ppm	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						%	%	%
CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO																							
1	S24-210-1	B1T1	27	27	46	Franco	5.180	0.170	2.100	0.105	1.218	11.1517	84.901	---	3.352	0.339	0.137	0.080	0.450	0.300	4.658	83.899	16.101	9.661
2	S24-210-2	B1T2	41	27	32	Franco	4.690	0.130	2.690	0.135	1.560	5.6362	71.856	---	1.113	0.250	0.012	0.009	0.788	1.850	4.021	34.409	65.591	19.584
3	S24-210-3	B1T3	39	23	38	Franco	4.500	0.240	2.510	0.126	1.456	7.7575	56.310	---	1.161	0.233	0.049	0.013	0.705	1.260	3.421	42.552	57.448	20.611
4	S24-210-4	B1T4	41	29	30	Franco Arcilloso	4.600	0.180	2.340	0.117	1.357	6.315	67.909	---	1.085	0.265	0.057	0.037	0.960	1.820	4.223	34.165	65.835	22.734
5	S24-210-5	B1T5	31	27	42	Franco	4.510	0.200	2.450	0.123	1.421	5.8907	53.809	---	1.167	0.237	0.050	0.025	0.975	2.700	5.154	28.703	71.297	18.916
6	S24-210-6	B1T6	41	25	34	Franco	4.830	0.120	2.920	0.146	1.694	7.5878	72.549	---	1.400	0.339	0.029	0.015	0.323	1.570	3.675	48.503	51.497	8.776
7	S24-210-7	B1T7	33	25	42	Franco	4.640	0.190	2.800	0.140	1.624	7.3332	73.633	---	1.566	0.315	0.025	0.014	0.743	1.510	4.172	46.012	53.988	17.796
8	S24-210-8	B1T8	47	27	26	Franco Arcillo Arenoso	4.650	0.120	1.910	0.096	1.108	9.794	57.364	---	0.663	0.185	0.028	0.018	1.650	2.000	4.544	19.676	80.324	36.311
9	S24-210-9	B1T9	29	29	40	Franco Arcilloso	4.200	0.160	2.280	0.114	1.323	8.4363	84.118	---	0.770	0.200	0.010	0.010	1.958	1.790	4.737	20.888	79.112	41.324
10	S24-210-10	B1T10	29	29	34	Franco Arcilloso	4.860	0.120	3.040	0.152	1.763	6.1453	83.756	---	1.631	0.344	0.014	0.011	0.593	1.310	3.902	51.241	48.759	15.185
11	S24-210-11	B1T11	25	25	46	Franco	4.510	0.180	3.040	0.152	1.763	10.1334	107.076	---	1.253	0.304	0.120	0.103	0.570	2.240	4.589	38.771	61.229	12.420
12	S24-210-12	B1T12	27	27	36	Franco	4.410	0.120	2.750	0.138	1.595	4.8725	55.195	---	0.813	0.218	0.013	0.011	0.653	3.330	5.038	20.948	79.052	12.952
13	S24-210-13	B1T13	31	31	40	Franco Arcilloso	4.530	0.170	2.510	0.126	1.456	7.0787	96.049	---	1.374	0.296	0.133	0.099	0.630	2.060	4.591	41.407	58.593	13.723
14	S24-210-14	B1T14	27	27	36	Franco	4.580	0.240	1.800	0.090	1.044	13.0184	141.964	---	1.992	0.346	0.122	0.100	0.600	1.900	5.060	50.593	49.407	11.858

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

[Handwritten Signature]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María

GRACIA POR SU PREFERENCIA

analisisdesuelosunas@hotmail.com
 WhatsApp: 944407531

Figura 33. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: KEVIN ORTEGA PONTE
 PROCEDENCIA: PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO

FECHA DE REPORTE: 16/07/2024
 FACTURA ELECTRONICA N° 43363

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO																	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE dS/m	Materia Orgánica	N total	C Orgánico	P disponible	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables %	Acidez Cambiable %	Saturación de Aluminio %
			Ac	Arc	Lo				M.O.						Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno				
			%	%	%				%						ppm	ppm	CAMBIABLES							
CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO																							
15	S24-210-15	B2T1	21	21	44	Franco	4.470	0.160	1.580	0.079	0.916	9.2849	77.731	----	1.023	0.272	0.033	0.019	0.645	2.240	4.232	31.829	68.171	15.241
16	S24-210-16	B2T2	31	31	36	Franco Arcilloso	4.390	0.130	2.680	0.134	1.555	8.0121	74.989	----	0.686	0.189	0.041	0.028	1.545	2.240	4.728	19.953	80.047	32.675
17	S24-210-17	B2T3	29	29	42	Franco Arcilloso Limoso	4.360	0.170	2.840	0.142	1.647	5.8907	41.185	----	0.950	0.200	0.019	0.012	1.380	2.560	5.120	23.052	76.948	26.951
18	S24-210-18	B2T4	35	31	34	Franco Arcilloso	4.480	0.110	2.830	0.142	1.642	5.2968	44.951	----	1.165	0.255	0.017	0.011	0.345	3.340	5.132	28.198	71.802	6.722
19	S24-210-19	B2T5	39	21	40	Franco	4.530	0.250	2.730	0.137	1.584	14.2912	136.149	----	1.941	0.495	0.229	0.126	1.500	0.700	4.990	55.916	44.084	30.058
20	S24-210-20	B2T6	41	25	34	Franco	4.720	0.320	2.890	0.145	1.676	4.5331	50.947	----	1.214	0.237	0.028	0.018	0.705	1.960	4.162	35.969	64.031	16.939
21	S24-210-21	B2T7	33	27	40	Franco	4.500	0.220	3.440	0.172	1.995	6.2302	43.113	----	0.967	0.214	0.028	0.014	1.155	2.060	4.438	27.563	72.437	26.023
22	S24-210-22	B2T8	35	31	34	Franco Arcilloso	4.560	0.180	3.490	0.175	2.024	6.315	36.606	----	0.953	0.249	0.010	0.009	1.485	1.820	4.525	26.962	73.038	32.817
23	S24-210-23	B2T9	31	25	44	Franco	4.780	0.170	2.130	0.1065	1.2355	16.158	75.1397	----	1.488	0.374	0.056	0.035	1.125	0.700	3.778	51.696	48.304	29.777
24	S24-210-24	B2T10	39	27	34	Franco	4.580	0.220	2.750	0.1375	1.5951	22.3523	39.0763	----	1.016	0.252	0.005	0.004	0.510	2.320	4.108	31.102	68.898	12.416
25	S24-210-25	B2T11	31	29	40	Franco Arcilloso	4.420	0.130	2.750	0.1375	1.5951	9.6243	41.2455	----	1.709	0.298	0.008	0.004	0.450	2.300	4.770	42.342	57.658	9.435
26	S24-210-26	B2T12	35	31	34	Franco Arcilloso	4.220	0.170	2.980	0.1490	1.7285	4.024	48.9282	----	0.486	0.185	0.026	0.012	2.010	1.820	4.540	15.636	84.364	44.274
27	S24-210-27	B2T13	35	23	42	Franco	4.570	0.180	3.680	0.1840	2.1346	7.9272	81.6776	----	1.543	0.365	0.017	0.011	0.735	1.120	3.792	51.080	46.920	19.383
28	S24-210-28	B2T14	41	27	32	Franco	4.370	0.250	2.920	0.1460	1.6937	8.1818	47.3917	----	0.918	0.234	0.011	0.010	0.788	2.350	4.312	27.233	72.767	18.264

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

[Signature]
 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María

GRACIA POR SU PREFERENCIA

analisisdesuelosunas@hotmail.com
 WhatsApp: 944407531

Figura 34. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: KEVIN ORTEGA PONTE
 PROCEDENCIA: PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO

FECHA DE REPORTE: 16/07/2024
 FACTURA ELECTRONICA N° 43363

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO																	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo			dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio		Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%		%	%	
			CODIGO DEL LAB.	PROPIETARIO	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES					Cmol(+)/kg			%	%
29	S24-211-1	B3T1	33	27	40	Franco	4.860	0.300	2.860	0.1430	1.6589	7.7575	44.8006	----	1.677	0.264	0.041	0.037	0.780	1.460	4.259	47.404	52.596	18.315
30	S24-211-2	B3T2	25	31	44	Franco Arcillo Limoso	4.700	0.190	2.980	0.1490	1.7285	8.0121	44.2583	----	1.113	0.287	0.015	0.012	0.765	2.080	4.271	33.385	66.615	17.912
31	S24-211-3	B3T3	43	17	40	Franco	4.850	0.190	2.510	0.1255	1.4559	4.9574	35.2801	----	1.690	0.293	0.021	0.017	0.413	1.150	3.583	56.397	43.603	11.511
32	S24-211-4	B3T4	41	23	36	Franco	4.540	0.280	3.500	0.1750	2.0302	7.1635	50.7660	----	0.871	0.252	0.126	0.101	0.825	2.200	4.375	30.857	69.143	18.857
33	S24-211-5	B3T5	33	25	42	Franco	4.820	0.240	3.800	0.1900	2.2042	7.5878	51.6899	----	1.733	0.285	0.108	0.105	0.623	1.770	4.623	48.253	51.747	13.464
34	S24-211-6	B3T6	37	29	34	Franco Arcilloso	4.760	0.280	3.680	0.1840	2.1346	6.3999	36.8167	----	1.521	0.269	0.099	0.090	0.885	2.020	4.883	40.510	59.490	18.123
35	S24-211-7	B3T7	27	27	46	Franco	4.900	0.180	3.740	0.1870	2.1694	5.0422	62.9981	----	1.220	0.248	0.078	0.075	1.073	1.970	4.664	34.767	65.233	22.995
36	S24-211-8	B3T8	47	23	30	Franco	5.110	0.360	3.100	0.1550	1.7981	9.794	32.7192	----	1.678	0.413	0.097	0.091	0.750	0.300	3.329	68.458	31.542	22.530
37	S24-211-9	B3T9	35	27	38	Franco	4.520	0.170	2.800	0.1400	1.6241	5.4865	48.2051	----	0.593	0.205	0.047	0.024	1.545	1.740	4.154	20.911	79.089	37.197
38	S24-211-10	B3T10	43	23	34	Franco	4.610	0.250	3.100	0.1550	1.7981	6.909	65.4083	----	1.209	0.230	0.078	0.059	0.893	1.810	4.278	36.826	63.174	20.863
39	S24-211-11	B3T11	35	23	42	Franco	4.890	0.320	2.570	0.1285	1.4907	11.0668	46.6886	----	0.705	0.201	0.010	0.008	1.118	2.410	4.451	20.755	79.245	25.105
40	S24-211-12	B3T12	37	29	34	Franco Arcilloso	4.770	0.290	3.330	0.1665	1.9316	9.1152	70.8796	----	1.562	0.365	0.198	0.126	0.203	1.730	4.183	53.798	46.202	4.841
41	S24-211-13	B3T13	31	27	42	Franco	4.620	0.170	3.100	0.1550	1.7981	5.2119	56.6410	----	0.544	0.234	0.047	0.021	1.260	1.620	3.726	22.711	77.289	33.814
42	S24-211-14	B3T14	45	23	32	Franco	4.610	0.610	3.680	0.1840	2.1346	7.1635	68.7526	----	1.418	0.234	0.103	0.099	0.728	1.230	3.810	48.628	51.372	19.092

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

[Signature]
 Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María

GRACIA POR SU PREFERENCIA

analisisdesuelosunas@hotmail.com
 WhatsApp: 944407531

Figura 35. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: KEVIN ORTEGA PONTE
 PROCEDENCIA: PROVINCIA DE LEONCIO PRADO - HUANUCO

FECHA DE REPORTE: 16/07/2024
 FACTURA ELECTRONICA N° 43363

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO											CIC	CICe	Bases Cambiables %	Acidez Cambiable %	Saturación de Aluminio %		
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE dS/m	Materia Orgánica M.O. %	N total %	C Orgánico %	P disponible ppm	K ₂ O ppm	Ca Calcio	Mg Magnesio	K Potasio	Na Sodio						Al Aluminio	H Hidrógeno
			Ao	Arc	Lo																			
			%	%	%																			
43	S24-211-15	B4T1	35	23	42	Franco	4.350	0.370	3.450	0.1725	2.0012	5.721	57.6051	----	1.009	0.269	0.054	0.031	1.065	1.980	4.409	30.935	69.065	24.156
44	S24-211-16	B4T2	37	27	36	Franco	4.690	0.370	2.980	0.1490	1.7285	15.564	76.7365	----	1.217	0.320	0.117	0.106	0.938	1.150	3.848	45.747	54.253	24.365
45	S24-211-17	B4T3	31	27	42	Franco	4.500	0.330	2.920	0.1460	1.6937	3.2603	40.0404	----	0.765	0.230	0.062	0.047	1.080	2.460	4.644	23.773	76.227	23.256
46	S24-211-18	B4T4	39	27	34	Franco	4.560	0.420	3.390	0.1695	1.9664	5.1271	79.9603	----	0.769	0.230	0.082	0.063	1.230	1.760	4.134	27.667	72.333	29.756
47	S24-211-19	B4T5	29	23	48	Franco	4.330	0.360	2.860	0.1430	1.6589	4.5331	59.3224	----	0.737	0.182	0.015	0.010	1.620	1.940	4.504	20.955	79.045	35.970
48	S24-211-20	B4T6	37	29	34	Franco Arcilloso	4.870	0.400	3.040	0.1520	1.7633	6.5696	65.4385	----	1.848	0.325	0.178	0.103	0.825	0.700	3.978	61.663	38.337	20.740
49	S24-211-21	B4T7	29	29	42	Franco Arcilloso Limoso	4.500	0.310	3.680	0.1840	2.1346	5.0422	57.1833	----	0.745	0.240	0.067	0.043	1.260	1.820	4.175	26.224	73.776	30.181
50	S24-211-22	B4T8	37	27	36	Franco	4.320	0.450	2.800	0.1400	1.6241	8.3515	77.0378	----	0.855	0.258	0.090	0.066	1.418	1.810	4.496	28.218	71.782	31.526
51	S24-211-23	B4T9	33	23	44	Franco	4.360	0.160	3.620	0.1810	2.0998	5.2119	43.4750	----	0.715	0.185	0.060	0.046	1.628	2.230	4.863	20.674	79.326	33.468
52	S24-211-24	B4T10	37	27	36	Franco	4.960	0.090	3.390	0.1695	1.9664	5.1271	54.6526	----	1.423	0.249	0.108	0.099	0.840	1.880	4.598	40.846	59.154	18.268
53	S24-211-25	B4T11	31	23	46	Franco	4.710	0.120	2.980	0.1490	1.7285	5.2968	64.6250	----	0.796	0.247	0.082	0.063	1.028	1.730	3.946	30.120	69.880	26.039
54	S24-211-26	B4T12	37	25	38	Franco	4.410	0.160	3.800	0.1900	2.2042	5.5513	61.3109	----	0.574	0.196	0.056	0.043	1.200	2.200	4.268	20.329	79.671	28.119
55	S24-211-27	B4T13	33	21	46	Franco	4.470	0.180	3.330	0.1665	1.9316	5.2968	67.6378	----	0.692	0.188	0.028	0.016	1.215	2.180	4.319	21.396	78.604	28.131
56	S24-211-28	B4T14	37	29	34	Franco Arcilloso	4.970	0.070	3.390	0.1695	1.9664	3.7694	69.9577	----	0.866	0.206	0.213	0.148	1.110	2.520	5.063	28.303	71.697	21.924

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
 Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María

[Handwritten Signature]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
 Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 36. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental después de quemar la parcela experimental

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:		KEVIN PONTE ORTEGA		FECHA DE REPORTE:		10/07/2024																		
RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO		RECIBO N°		66761																				
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				ANALISIS QUIMICO																	
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
	Ao	Arc	Lo	dS/m	M.O.		total	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES						%	%		%		
	CODIGO DEL LAB.	CODIGO DEL SOLUC.	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	Cmol(+/)/kg						%	%	%			
1	S24-1011-1	T1 B1	48	17	35	Franco	4.51	0.31	2.47	0.123	1.430	12.339	96.471	--	3.664	0.659	0.133	0.087	0.810	0.620	5.974	76.062	23.938	13.560
2	S24-1011-2	T2 B1	32	23	45	Franco	4.42	0.24	1.88	0.094	1.092	11.921	143.892	--	2.404	0.473	0.140	0.091	0.638	0.850	4.595	67.630	32.370	13.873
3	S24-1011-3	T3 B1	40	17	43	Franco	3.97	0.18	1.88	0.094	1.092	24.534	151.485	--	1.499	0.237	0.195	0.035	1.148	0.670	3.784	51.969	48.031	30.325
4	S24-1011-4	T4 B1	40	25	35	Franco	3.60	0.31	2.53	0.127	1.468	7.327	114.909	--	1.260	0.196	0.226	0.079	1.215	0.780	3.756	46.879	53.121	32.352
5	S24-1011-5	T5 B1	50	17	33	Franco	3.67	0.34	2.60	0.130	1.506	8.162	121.176	--	1.110	0.159	0.167	0.029	0.810	1.020	3.295	44.467	55.533	24.580
6	S24-1011-6	T6 B1	34	27	39	Franco	3.56	0.32	1.62	0.081	0.941	5.656	117.078	--	0.620	0.133	0.145	0.030	1.245	0.740	2.913	31.858	68.142	42.739
7	S24-1011-7	T7 B1	52	15	33	Franco	3.85	0.28	2.53	0.127	1.468	8.747	124.128	--	1.215	0.174	0.134	0.038	0.698	0.570	2.829	55.191	44.809	24.658
8	S24-1011-8	T8 B1	42	27	31	Franco	3.61	0.16	1.82	0.091	1.054	9.331	89.240	--	0.969	0.249	0.134	0.046	1.283	1.090	3.771	37.080	62.920	34.012
9	S24-1011-9	T9 B1	44	21	35	Franco	3.58	0.21	1.56	0.078	0.903	4.821	115.271	--	0.908	0.119	0.108	0.030	1.298	1.070	3.533	32.983	67.017	36.728
10	S24-1011-10	T10 B1	38	27	35	Franco	3.59	0.35	1.75	0.088	1.016	4.320	141.241	--	0.902	0.216	0.154	0.040	1.095	1.440	3.847	34.112	65.888	28.460
11	S24-1011-11	T11 B1	38	23	39	Franco	3.55	0.32	2.40	0.120	1.393	5.907	136.782	--	1.134	0.197	0.131	0.064	1.643	0.910	4.078	37.412	62.588	40.274
12	S24-1011-12	T12 B1	40	25	35	Franco	3.71	0.28	1.95	0.097	1.129	5.740	106.955	--	0.847	0.184	0.147	0.038	1.178	0.630	3.023	40.208	59.792	38.952
13	S24-1011-13	T13 B1	40	19	41	Franco	3.91	0.21	2.47	0.123	1.430	29.462	132.926	--	0.960	0.192	0.199	0.027	0.885	0.920	3.183	43.289	56.711	27.805
14	S24-1011-14	T14 B1	42	23	35	Franco	3.94	0.20	2.24	0.113	0.979	7.076	110.028	--	1.025	0.195	0.111	0.036	0.608	0.690	2.665	51.306	48.694	22.799
15	S24-1011-15	T1 B2	40	21	39	Franco	3.66	0.22	2.01	0.101	1.167	4.570	83.274	--	3.641	0.566	0.111	0.094	1.133	0.990	6.535	67.520	32.480	17.330
16	S24-1011-16	T2 B2	42	25	33	Franco	4.14	0.18	2.01	0.101	1.167	9.833	113.101	--	2.954	0.414	0.192	0.099	0.608	0.790	5.057	72.366	27.634	12.013
17	S24-1011-17	T3 B2	38	21	41	Franco	3.98	0.22	2.21	0.110	1.280	6.408	132.082	--	1.845	0.262	0.147	0.039	1.193	0.810	4.295	53.376	46.624	27.765
18	S24-1011-18	T4 B2	36	23	41	Franco	4.16	0.29	3.12	0.156	1.807	12.171	120.754	--	1.295	0.208	0.194	0.059	0.653	0.230	2.638	66.542	33.458	24.738
19	S24-1011-19	T5 B2	42	19	39	Franco	3.85	0.34	2.40	0.120	1.393	8.914	163.958	--	1.595	0.255	0.250	0.040	0.840	0.780	3.759	56.905	43.095	22.346
20	S24-1011-20	T6 B2	34	25	41	Franco	3.77	0.37	2.66	0.133	1.543	8.162	131.540	--	0.778	0.218	0.151	0.030	0.893	0.810	2.879	40.865	59.135	31.000
21	S24-1011-21	T7 B2	40	21	39	Franco	4.07	0.20	2.92	0.146	1.694	11.086	146.785	--	1.845	0.314	0.155	0.037	0.578	0.730	3.658	64.257	35.743	15.787
22	S24-1011-22	T8 B2	38	23	39	Franco	3.96	0.30	2.34	0.117	1.355	14.510	96.651	--	1.228	0.267	0.133	0.057	0.683	0.790	3.158	53.365	46.635	21.615
23	S24-1011-23	T9 B2	40	17	43	Franco	3.78	0.26	2.66	0.133	1.5434	7.4102	115.6923	--	1.729	0.194	0.139	0.031	1.065	0.980	4.139	50.587	49.413	25.733
24	S24-1011-24	T10 B2	40	23	37	Franco	3.66	0.32	2.40	0.120	1.3928	8.0784	113.8846	--	0.827	0.194	0.170	0.038	1.050	0.900	3.179	38.652	61.348	33.033
25	S24-1011-25	T11 B2	44	17	39	Franco	3.56	0.25	2.21	0.110	1.2799	7.1596	111.1128	--	0.941	0.114	0.108	0.043	1.268	1.210	3.684	32.756	67.244	34.402
26	S24-1011-26	T12 B2	40	27	33	Franco	3.64	0.56	1.88	0.094	1.0917	9.4149	143.3500	--	1.033	0.224	0.172	0.034	1.208	0.790	3.460	42.271	57.729	34.898
27	S24-1011-27	T13 B2	40	21	39	Franco	3.53	0.43	2.01	0.101	1.1669	7.0761	134.7936	--	0.628	0.184	0.130	0.027	1.410	0.820	3.199	30.300	69.700	44.070
28	S24-1011-28	T14 B2	38	25	37	Franco	3.85	0.31	2.20	0.110	1.1017	9.4149	115.9333	--	0.837	0.224	0.152	0.031	1.118	1.010	3.372	36.910	63.090	33.139

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Biotecnología

CARRETERA CENTRAL KM 1.21 TINGO MARIA - HUANUCO

analisisdesuelosnas@hotmail.com

Figura 37. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental al finalizar el experimento

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA



ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE:		KEVIN PONTE ORTEGA		FECHA DE REPORTE:		10/07/2024																		
RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO		RECIBO N°		66761																				
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO					ANALISIS QUIMICO																
	CODIGO DEL LAB.	CODIGO DEL SOLUC.	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo		dS/m	M.O.	total	disponible												ppm	ppm	Cmol(+)/kg
			%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm		CAMBIABLES						%	%	%		
29	S24-1011-29	T1 B3	44	17	39	Franco	3.97	0.31	2.01	0.101	1.1669	16.1809	98.7603	-	3.511	0.580	0.195	0.090	1.313	0.150	5.838	74.950	25.050	22.481
30	S24-1011-30	T2 B3	40	27	33	Franco	4.04	0.19	2.21	0.110	1.2799	12.6726	111.5949	-	2.354	0.356	0.121	0.077	0.623	0.970	4.500	64.612	35.388	13.833
31	S24-1011-31	T3 B3	46	19	35	Franco	3.82	0.31	2.86	0.143	1.6563	8.7467	107.7385	-	1.689	0.197	0.126	0.042	1.065	0.880	4.000	51.373	48.627	26.626
32	S24-1011-32	T4 B3	40	23	37	Franco	3.75	0.38	2.47	0.123	1.4305	12.1715	130.8167	-	0.963	0.258	0.253	0.079	1.118	0.910	3.580	43.369	56.631	31.213
33	S24-1011-33	T5 B3	44	21	35	Franco	3.72	0.27	2.86	0.143	1.6563	8.1620	103.7013	-	1.285	0.177	0.124	0.020	1.223	0.970	3.798	42.268	57.732	32.190
34	S24-1011-34	T6 B3	40	23	37	Franco	4.08	0.17	2.34	0.117	1.3552	6.9925	114.1256	-	0.964	0.165	0.160	0.045	0.780	0.960	3.075	43.412	56.588	25.367
35	S24-1011-35	T7 B3	38	19	43	Franco	4.53	0.28	2.34	0.117	1.3552	12.1715	161.2462	-	2.598	0.414	0.197	0.031	0.278	0.130	3.648	88.829	11.171	7.607
36	S24-1011-36	T8 B3	44	21	35	Franco	4.16	0.15	2.60	0.130	1.5057	5.3219	110.1487	-	0.784	0.188	0.113	0.041	0.690	0.680	2.495	45.091	54.909	27.655
37	S24-1011-37	T9 B3	40	21	39	Franco	4.21	0.19	2.92	0.146	1.6940	9.3314	139.9756	-	1.796	0.290	0.173	0.046	0.803	0.930	4.037	57.084	42.916	19.879
38	S24-1011-38	T10 B3	42	23	35	Franco	3.87	0.21	2.66	0.133	1.5434	8.7467	108.7628	-	0.802	0.242	0.137	0.046	0.923	0.870	3.020	40.643	59.357	30.548
39	S24-1011-39	T11 B3	42	21	37	Franco	4.15	0.38	2.86	0.143	1.6563	10.1667	139.6744	-	2.612	0.409	0.159	0.043	0.315	0.680	4.217	76.406	23.594	7.470
40	S24-1011-40	T12 B3	44	23	33	Franco	4.25	0.33	3.24	0.162	1.8822	10.7514	116.6564	-	1.958	0.352	0.117	0.042	0.458	0.290	3.217	76.767	23.233	14.220
41	S24-1011-41	T13 B3	42	19	39	Franco	3.91	0.37	2.66	0.133	1.5434	8.4126	110.8718	-	0.742	0.134	0.102	0.025	0.518	1.210	2.730	36.729	63.271	18.954
42	S24-1011-42	T14 B3	48	17	35	Franco	3.96	0.28	2.01	0.101	1.9198	9.4149	111.4744	-	1.416	0.213	0.117	0.034	0.548	1.070	3.397	52.378	47.622	16.119
43	S24-1011-43	T1 B4	40	25	35	Franco	4.08	0.25	2.60	0.130	1.5057	11.5032	94.5423	-	2.837	0.346	0.114	0.059	0.638	0.650	4.644	72.276	27.724	13.727
44	S24-1011-44	T2 B4	42	25	33	Franco	4.12	0.26	2.86	0.143	1.6563	7.8279	111.8962	-	3.440	0.587	0.198	0.102	0.458	0.990	5.775	74.936	25.064	7.922
45	S24-1011-45	T3 B4	42	17	41	Franco	4.03	0.24	2.47	0.123	1.4305	6.1572	129.3705	-	1.993	0.197	0.164	0.036	0.698	0.770	3.858	61.960	38.040	18.080
46	S24-1011-46	T4 B4	40	23	37	Franco	3.93	0.30	2.99	0.149	1.7316	21.4434	125.6527	-	0.929	0.172	0.169	0.090	0.713	0.350	2.422	58.139	43.861	29.413
47	S24-1011-47	T5 B4	38	13	49	Franco	3.90	0.23	2.73	0.136	1.5810	10.4173	149.4359	-	2.037	0.286	0.145	0.024	0.938	0.750	4.179	59.620	40.380	22.433
48	S24-1011-48	T6 B4	38	27	35	Franco	3.83	0.30	2.60	0.130	1.5057	13.4244	131.2385	-	1.051	0.255	0.175	0.020	0.900	1.000	3.401	44.135	55.865	26.462
49	S24-1011-49	T7 B4	42	25	33	Franco	3.85	0.20	2.53	0.127	1.4681	9.4985	106.7744	-	1.255	0.195	0.165	0.023	1.403	0.830	3.870	42.311	57.689	36.242
50	S24-1011-50	T8 B4	38	25	37	Franco	3.88	0.19	2.08	0.104	1.2046	8.1620	113.9449	-	0.962	0.207	0.137	0.041	1.148	0.970	3.465	38.885	61.115	33.119
51	S24-1011-51	T9 B4	40	23	37	Franco	3.98	0.18	2.14	0.107	1.2422	10.5008	140.2769	-	1.673	0.199	0.130	0.033	0.893	0.910	3.838	53.029	46.971	23.257
52	S24-1011-52	T10 B4	36	27	37	Franco	3.73	0.45	2.08	0.104	1.2046	7.0761	153.4128	-	1.060	0.212	0.188	0.038	0.833	0.890	3.221	46.527	53.473	25.844
53	S24-1011-53	T11 B4	38	21	41	Franco	4.46	0.27	2.79	0.140	1.6187	19.1880	143.1692	-	2.638	0.352	0.253	0.054	0.308	0.090	3.694	89.238	10.762	8.325
54	S24-1011-54	T12 B4	40	25	35	Franco	3.91	0.17	2.01	0.101	1.1669	5.9066	127.6231	-	0.569	0.162	0.143	0.044	0.923	1.070	2.910	31.536	68.464	31.698
55	S24-1011-55	T13 B4	40	25	35	Franco	4.29	0.27	2.34	0.117	1.3552	16.0974	120.9949	-	1.338	0.241	0.145	0.031	0.143	1.010	2.908	60.365	39.635	4.901
56	S24-1011-56	T14 B4	34	27	39	Franco	3.91	0.15	2.39	0.120	1.1669	7.7443	114.7885	-	0.876	0.151	0.117	0.032	1.133	1.490	3.798	30.946	69.054	29.820

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

[Firma]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

CARRETERA CENTRAL KM 1.21 TINGO MARIA - HUANUCO

analisisdesuelosunas@hotmail.com

Figura 38. Resultados de análisis de caracterización de suelo por unidad experimental al finalizar el experimento

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS		SOLICITANTE:		MUESTREADO POR:		EL SOLICITANTE										
DEPARTAMENTO:		KEVIN PONTE ORTEGA		FECHA DE REPORTE:		2/10/2025										
PROVINCIA:		HUANUCO		RECIBO O FACTURA:		68762										
		LEONCIO PRADO														
2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO		DATOS														
DATOS		RESULTADOS														
Código	Dato	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E24-170-1	T1B1	96.9648	3.0352	2.8446	0.1906	1.4223	3.3040	0.7933	0.3515	0.1003	0.0538	1.0145	34.6377	41.2560	2.9952	90.7343
E24-170-2	T2B1	96.5688	3.4312	3.1759	0.2553	1.5879	2.7440	0.5065	0.5410	0.1240	0.0581	1.0200	39.0698	43.5349	4.4693	92.4884
E24-170-3	T3B1	96.6975	3.3025	2.9938	0.3082	1.4969	2.8000	0.5974	0.3177	0.1497	0.0451	1.0028	27.9439	28.7850	10.3738	89.1168
E24-170-4	T4B1	97.0580	2.9420	2.6338	0.3082	1.3169	3.2480	0.4844	0.3077	0.1517	0.0345	1.1913	21.4762	48.0238	13.2667	81.3952
E24-170-5	T5B1	97.5196	2.4804	2.2905	0.1899	1.1453	2.6320	0.8224	0.4476	0.1982	0.0506	1.2779	25.9330	37.1770	2.8182	95.2967
E24-170-6	T6B1	97.0134	2.9866	2.7459	0.2406	1.3730	3.1360	0.3729	0.3527	0.1554	0.0418	1.2939	10.2844	22.6540	11.5829	44.3791
E24-170-7	T7B1	97.1749	2.8251	2.6088	0.2163	1.3044	2.7440	0.4818	0.8363	0.2436	0.0700	1.7009	15.5502	33.8517	10.7703	77.2727
E24-170-8	T8B1	97.3485	2.6515	2.4116	0.2399	1.2058	3.0890	0.4747	0.5936	0.2415	0.0507	2.0684	30.2857	43.4286	10.7286	127.7048
E24-170-9	T9B1	97.3090	2.6910	2.4507	0.2403	1.2254	2.6890	0.5890	0.8178	0.1819	0.0467	2.6112	15.6696	34.9777	4.5000	86.7098
E24-170-10	T10B1	96.9972	3.0029	2.7654	0.2374	1.3827	3.1360	0.6065	0.5713	0.2182	0.0371	2.3033	18.3256	35.9070	10.9302	111.8605
E24-170-11	T11B1	97.3879	2.6121	2.3616	0.2505	1.1808	3.3040	0.5908	0.6762	0.2352	0.0458	2.7831	25.9361	39.8402	9.7854	65.5982
E24-170-12	T12B1	95.5164	4.4836	4.1902	0.2933	2.0951	2.6320	0.5160	0.2565	0.2542	0.0399	1.9125	23.0841	9.6495	5.3692	39.7009
E24-170-13	T13B1	94.8797	5.1203	4.8136	0.3067	2.4068	3.3600	0.6387	1.0304	0.6441	0.0816	3.7829	15.7604	75.6682	10.1244	87.6726
E24-170-14	T14B1	95.7702	4.2298	4.1700	0.0599	2.0850	3.6400	0.5113	0.3432	0.3411	0.0917	1.0330	18.6792	58.5377	8.5189	62.6038
E24-170-15	T1B2	96.4778	3.5222	3.2787	0.2435	1.6393	3.0800	0.4145	0.3563	0.1088	0.0350	1.0333	20.9217	39.1705	3.7143	89.0184
E24-170-16	T2B2	97.0769	2.9231	2.6573	0.2657	1.3287	2.4080	0.5651	0.3757	0.1124	0.0602	1.6409	22.6794	38.4211	5.4737	74.2010
E24-170-17	T3B2	96.5831	3.4169	3.1565	0.2603	1.5783	2.5760	0.4478	0.3814	0.1126	0.0301	1.0354	22.9048	20.2381	5.1810	85.9476
E24-170-18	T4B2	96.3272	3.6728	13.9948	17.6675	6.9974	2.4640	0.4384	0.4592	0.1196	0.0588	1.2167	13.9336	50.6635	12.4550	97.5166
E24-170-19	T5B2	96.5984	3.4016	3.0709	0.3307	1.5354	1.5120	0.5231	0.4683	0.1427	0.0726	1.1369	12.1296	30.4398	3.4444	84.5509
E24-170-20	T6B2	96.9488	3.0512	2.7778	0.2735	1.3889	2.4640	0.5161	0.3764	0.1532	0.0789	1.4429	16.7453	32.7358	7.0660	40.6745
E24-170-21	T7B2	96.8500	3.1500	2.8580	0.2919	1.4290	3.0900	0.4782	0.7355	0.3396	0.0663	1.6607	12.8780	21.8537	8.4878	63.7756
E24-170-22	T8B2	96.1913	3.8087	3.5379	0.2708	1.7690	1.6900	0.5671	0.5115	0.2365	0.0620	2.1202	18.5782	26.3744	5.6635	43.9810
E24-170-23	T9B2	96.8259	3.1741	2.9300	0.2442	1.4650	1.8480	0.5137	0.6228	0.2351	0.0871	2.0369	14.5192	6.5144	4.2837	48.1971
E24-170-24	T10B2	97.6596	2.3404	2.1700	0.1704	1.0850	2.5200	0.6281	0.1843	0.2108	0.0717	1.1548	19.2233	49.8301	12.4903	94.4223
E24-170-25	T11B2	96.7543	3.2457	2.9995	0.2461	1.4998	3.0240	0.4384	0.4486	0.1968	0.0066	1.8122	18.3412	14.3365	8.6730	70.9858
E24-170-26	T12B2	97.4299	2.5701	2.3733	0.1968	1.1867	3.7520	0.4818	0.6245	0.1766	0.1058	2.1358	33.5407	11.3397	13.3301	171.9952
E24-170-27	T13B2	99.3308	0.6692	0.4601	0.2091	0.2300	3.1920	2.2580	1.4804	0.7348	0.1117	4.3071	33.1250	70.2792	22.0833	164.3021
E24-170-28	T14B2	97.4991	2.5009	2.2803	0.2207	1.1401	2.1280	0.5187	0.3965	0.3025	0.0838	1.5156	16.9118	67.5490	8.9216	113.0637

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Hugo Alredo Huamani Yupanqui
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

CARRETERA CENTRAL KM 1.21 TINGO MARIA - HUANUCO

analisisdesuelosunas@hotmail.com

Figura 39. Resultados de análisis foliar del maíz al finalizar el experimental

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ANÁLISIS ESPECIAL

1. DATOS		SOLICITANTE: KEVIN PONTE ORTEGA				MUESTREADO POR:				EL SOLICITANTE							
DEPARTAMENTO:		HUANUCO				FECHA DE REPORTE:				2/10/2025							
PROVINCIA:		LEONCIO PRADO				RECIBO O FACTURA:				66762							
2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO																	
DATOS		RESULTADOS															
Código	Dato	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	
E24-170-29	T1B3	97.4457	2.5543	2.3384	0.2159	1.1692	2.4640	0.4199	0.2748	0.1020	0.0371	1.0772	21.0329	31.3390	3.5681	92.3944	
E24-170-30	T2B3	97.4458	2.5542	2.2730	0.2812	1.1365	3.2480	0.3727	0.3012	0.1135	0.0791	1.0986	16.9725	25.0917	1.1835	79.2661	
E24-170-31	T3B3	97.3588	2.6412	2.4525	0.1887	1.2263	3.3040	0.4015	0.2422	0.1337	0.0616	1.1020	13.9524	30.0476	1.1333	123.1000	
E24-170-32	T4B3	95.3483	4.6517	4.2804	0.3713	2.1402	1.2320	0.4079	0.3101	0.1396	0.0314	1.1828	15.0235	47.1831	12.4413	85.8189	
E24-170-33	T5B3	96.1497	3.8503	3.4707	0.3796	1.7354	3.0800	0.4487	0.3977	0.1493	0.1074	1.1885	10.0469	19.5305	1.6150	53.3944	
E24-170-34	T6B3	97.2020	2.7980	2.3339	0.4641	1.1670	3.0800	0.3632	0.3814	0.1665	0.0366	1.3808	20.3318	4.6209	7.9763	66.7583	
E24-170-35	T7B3	97.2597	2.7403	2.3247	0.4156	1.1623	3.2480	0.5040	0.8669	0.2421	0.0471	1.6017	18.4360	27.9621	11.0332	92.7583	
E24-170-36	T8B3	96.8975	3.1125	2.7906	0.3220	1.3953	2.7440	0.3800	0.4630	0.1970	0.0531	1.8613	14.9261	20.8128	1.0394	106.7685	
E24-170-37	T9B3	97.1359	2.8641	2.6220	0.2420	1.3110	2.9680	0.4055	0.8047	0.1180	0.0268	1.4121	22.9108	32.7700	4.8451	489.4836	
E24-170-38	T10B3	96.7914	3.2086	2.8419	0.3667	1.4209	3.3600	0.4161	0.5104	0.2446	0.0797	2.1242	18.1429	30.7619	13.7819	152.1476	
E24-170-39	T11B3	96.7821	3.2179	3.0044	0.2135	1.5022	3.5280	0.4409	0.4953	0.1765	0.0555	1.8974	16.6825	21.5403	12.0948	260.9621	
E24-170-40	T12B3	96.4149	3.5851	3.3527	0.2324	1.6763	3.0240	0.4567	0.3794	0.1718	0.0718	1.4409	9.9074	19.6296	2.4306	343.4676	
E24-170-41	T13B3	96.9970	3.0030	2.1712	0.8318	1.0856	3.0800	0.4127	1.0335	0.4897	0.1201	2.3578	16.5728	85.4460	21.0329	81.5493	
E24-170-42	T14B3	96.8664	3.1336	2.8737	0.2599	1.4369	3.3600	0.3438	0.3372	0.3755	0.0971	1.0551	16.8293	51.2195	7.5610	49.6634	
E24-170-43	T1B4	97.4522	2.5478	2.2783	0.2695	1.1391	2.8000	0.5038	0.3171	0.1278	0.0576	1.0989	19.7115	45.6731	3.0769	81.2500	
E24-170-44	T2B4	96.1938	3.8062	3.4420	0.3642	1.7210	2.9120	0.4206	0.3236	0.1032	0.0575	1.0023	17.5598	18.8995	1.8612	68.2727	
E24-170-45	T3B4	97.2983	2.7017	1.9173	0.7844	0.9587	2.8000	0.3744	0.3547	0.1407	0.0711	1.0248	20.2304	27.2120	1.5945	70.2535	
E24-170-46	T4B4	97.0075	2.9925	2.7514	0.2411	1.3757	3.3040	0.4214	0.4017	0.1467	0.0795	1.2057	22.5118	56.0664	10.1896	96.2986	
E24-170-47	T5B4	97.5981	2.4019	1.7106	0.6913	0.8553	3.1360	0.4737	0.4134	0.0844	0.0362	0.7191	13.8049	6.2439	12.3024	126.8244	
E24-170-48	T6B4	97.7923	2.2077	1.6183	0.5894	0.8091	2.1280	0.3720	0.4490	0.1598	0.0472	1.6974	13.6893	7.2573	3.0146	175.5291	
E24-170-49	T7B4	96.9421	3.0579	2.8616	0.1964	1.4308	2.8560	0.4666	0.7422	0.2512	0.0394	1.7889	14.2061	12.6147	11.1560	90.6422	
E24-170-50	T8B4	96.9397	3.0603	2.8305	0.2299	1.4152	2.6880	0.4271	0.5341	0.2051	0.0800	1.8600	41.2207	17.9108	1.6056	197.3615	
E24-170-51	T9B4	96.8664	3.0136	2.6033	0.4103	1.3016	2.4640	0.3622	0.7234	0.2269	0.0368	1.4620	10.0469	15.1643	0.9390	224.0751	
E24-170-52	T10B4	97.6696	2.3304	1.1164	1.2140	0.5582	2.9120	0.4517	0.4934	0.2337	0.0606	1.4378	11.0698	21.2791	1.7767	214.8791	
E24-170-53	T11B4	97.2001	2.7999	2.5173	0.2826	1.2587	3.248	0.4032	0.5132	0.2254	0.0732	2.4760	17.6606	37.9358	5.7936	131.6330	
E24-170-54	T12B4	96.6989	3.3011	2.8251	0.4760	1.4126	2.9680	0.3993	0.5301	0.1804	0.0637	2.3979	18.5116	34.4651	3.3116	61.4744	
E24-170-55	T13B4	97.1782	2.8218	2.5556	0.2662	1.2778	3.3040	0.4750	1.0075	0.5066	0.1156	3.0717	18.2075	79.2453	20.2830	87.0377	
E24-170-56	T14B4	97.4587	2.5413	2.2681	0.2731	1.1341	2.9680	0.4060	0.3388	0.3463	0.0879	1.4476	14.4860	53.7383	8.3178	79.3692	

CARRETERA CENTRAL KM 1.21 TINGO MARIA - HUANUCO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Hugo Alfrede
DR. HUGO ALFREDE HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Química del Suelo, Agua y Microbiología

analisisdesuelosunas@hotmail.com

Figura 40. Resultados de análisis foliar del maíz al finalizar el experimental



Figura 41. Toma de coordenadas con GPS de la parcela experimental



Figura 42. Recolección de muestras de suelo para el análisis de caracterización



Figura 43. Quemado de la parcela experimental



Figura 44. Limpieza de los restos de árboles después de la quema



Figura 45. Recolección de las muestras de suelos por parcela experimental después de la quema



Figura 46. Siembra de la planta de maíz híbrido ATLAS 777



Figura 47. Recolección de las muestras para el análisis de densidad aparente y porcentaje de porosidad



Figura 48. Aplicación de los tratamientos



Figura 49. Aporque de las plantas de maíz híbrido ATLAS 777



Figura 50. Medición de la compactación de las unidades experimentales



Figura 51. Medición de la altura de la panta y altura de mazorca



Figura 52. Recolección de muestras de hoja por unidad experimental para el análisis foliar



Figura 53. Recolección de muestras de suelo por unidad experimental para el análisis de suelo



Figura 54. Recolección de individuos para el análisis de diversidad



Figura 55. Muestras de mazorcas de maíz por unidad experimental



Figura 56. Peso de 100 semillas y peso de mazorcas de maíz por unidad experimental



Figura 57. Pesado de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico



Figura 58. Agitación de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico

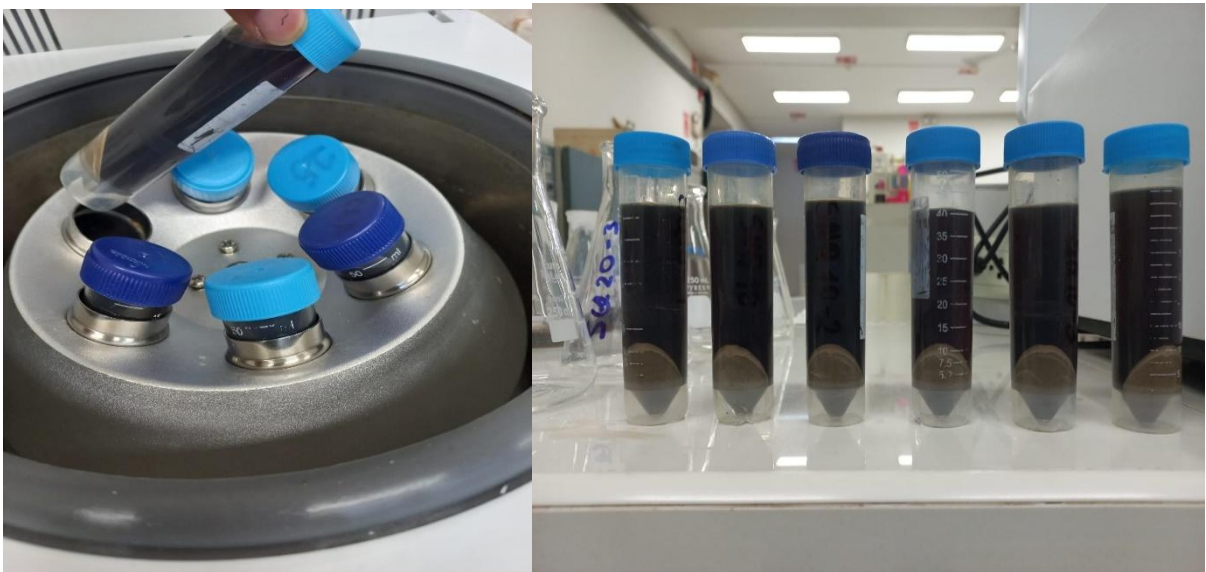


Figura 59. Centrifugación de muestras de suelo por unidad experimental para el fraccionamiento químico

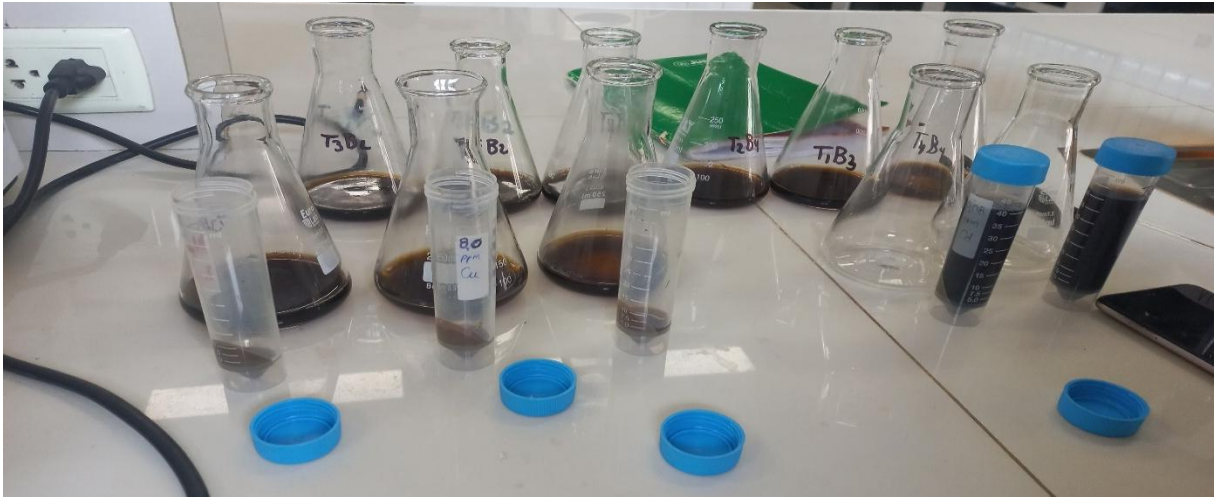


Figura 60. Separación del extracto alcalino de la humina después de la centrifugación



Figura 61. Recolección del extracto alcalino de las muestras centrifugadas



Figura 62. Lectura de muestras en el espectrofotómetro



Figura 63. Muestras de la fracción de ácidos fúlvicos



Figura 64. Visita a la tesis del presidente del jurado