



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE *TRIFOLIUM PRATENSE*
L. Y *LOLIUM MULTIFLORUM* L. EN LOS SUELO DE UMARI -
HUÁNUCO”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Diana Guisella Ricaldi Miraval (0000-0003-4053-6400)

Asesor:

Mitsuyo Margarita Garcia Wong (0000-0002-4835-2254)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 29 de agosto del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Blga. Catherine Mariela Coronado León
Miembro: Mg. Blga. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro: Mg. Ing. Juan Alberto Palomino Vega

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE TRIFOLIUM PRATENSE L. Y LOLIUM MULTIFLORUM L. EN LOS SUELO DE UMARI - HUÁNUCO"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Diana Guisella Ricaldi Miraval**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Mitsuyo García Wong

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesisista: Diana Guisella Ricaldi Miraval			Nota (en letras): 14 (CATORCE)
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Blga. Catherine Mariela Coronado León
Presidente



Mg. Blga. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro 1



Mg. Ing. Juan Alberto Palomino Vega
Miembro 2



Mg. Blga. Mitsuyo García Wong
Asesor

T // (51) 610 6733
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado salud y permitir alcanzar mis objetivo; a toda mi familia por su constante apoyo; a mi asesora de tesis Mitsuyo Garcia y amigos.

AGRADECIMIENTO

A la ONG Diaconía y sus profesionales, por su apoyo con la intermediación con la familia la cual presto su parcela para realizar el trabajo de investigación.

A mis familiares y amigos (Katia Berrios y Eduardo Valladares) que me apoyaron en cada etapa de la investigación tanto con su soporte y sus ánimos para seguir continuando en el trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I. RESUMEN	8
II. ABSTRACT	9
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
IV. MARCO TEÓRICO	13
a. Leguminosas	13
b. Gramíneas	15
c. Asociación de gramíneas y leguminosas	17
d. Abonos verdes	19
e. Efectos biológicos y físico - químicos de los abonos verdes en el suelo	20
f. Parámetros	22
V. ANTECEDENTES	27
VI. OBJETIVOS / HIPÓTESIS	30
a. Objetivos	30
b. Hipótesis	30
VII. METODOLOGÍA	31
a. Tipo de investigación	31
b. Zona de estudio	32
c. Tratamientos en estudio	33
d. Tiempos de muestreo	34
e. Diseño experimental	34
f. Análisis estadístico	35
g. Croquis del área experimental	36

h. Características del campo	38
i. Materiales	38
j. Metodología experimental	39
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
IX. CONCLUSIONES	74
X. RECOMENDACIONES	76
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
XII. ANEXOS	88
Anexo N°1: Tablas de resultados	88
Anexo N°2: Tablas estadísticas en Tl ₁	91
Anexo N°3: Tablas estadísticas en Tl ₂	94
Anexo N°4: Interacciones bifactoriales	96
Anexo N°5: Registro fotográfico	103

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	TRIFOLIUM PRATENSE.....	15
FIGURA 2	Ubicación de parcela experimental	32
FIGURA 3	Plano de distribución de la parcela experimental	36
FIGURA 4	Media de los tratamientos del parámetro biológico – actividad microbiana.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.55
FIGURA 5	Mediana del pH de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra.....	64
FIGURA 6	Mediana de la CE de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra	61

FIGURA 7	Media de la MO de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra	63
FIGURA 8	Mediana del N de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra	71
FIGURA 9	Mediana del K de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra	67
FIGURA 10	Mediana del P de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra	69
FIGURA 11	Mediana de la Actividad Microbiana de los tratamientos en función del tiempo de la toma de muestra	71

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1:	Clasificación de suelos con respecto a pH	24
TABLA 2:	Clasificación del suelo según la conductividad.....	24
TABLA 3:	Clasificación del suelo según el porcentaje de materia orgánica.....	25
TABLA 4:	Clasificación del suelo según el porcentaje de contenido de nitrógeno total.....	26
TABLA 5:	Clasificación del suelo según la cantidad de fósforo.....	27
TABLA 6:	calificación del suelo según la cantidad de potasio.....	28
TABLA 7:	tratamientos experimentales	36
TABLA 8:	Tiempos de toma de muestra de suelo	37
TABLA 9:	Esquema del análisis de varianza.....	38
TABLA 10:	Descripción de las variables.....	45
TABLA 11:	Métodos físico - químicos.....	46

TABLA 12:	Resultado de la toma de muestra del suelo inicial	50
TABLA 13:	Evaluación ANOVA de los tratamientos en la toma de muestra T11	51
TABLA 14:	Resultado promedio de toma de muestra del suelo en T11 - parámetro químico (pH, CE y Materia orgánica)	51
TABLA 15:	Resultado promedio de toma de muestra del suelo en T11 - parámetro físico - químico (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)	52
TABLA 16:	Resultado promedio de la toma de muestra del suelo en T11 - parámetro biológico	55
TABLA 17:	Test de tukey del CO2.....	54
TABLA 18:	Evaluación ANOVA de los tratamientos en la toma de muestra T12	58
TABLA 19:	Resultado promedio de análisis de suelo T12 - parámetro químico (pH, CE y MO).....	58
TABLA 20:	Test de tukey de pH	59
TABLA 21:	Resultado promedio de toma de muestra del suelo en T12 - parámetro químico (nitrógeno, fósforo y potasio).....	60
TABLA 22:	Resultado promedio de toma de muestra del suelo en T12 - parámetro biológico.....	61
TABLA 23:	Evaluación ANOVA de los tratamientos en la toma de muestra T1	62
TABLA 24:	Resultado promedio de pH según los tratamientos	63
TABLA 25:	Resultado promedio del pH en el tiempo	65
TABLA 26:	Resultado promedio del CE en el tiempo.....	66
TABLA 27:	Resultado promedio del MO en el tiempo.....	68

TABLA 28:	Resultado promedio del N en el tiempo.....	70
TABLA 29:	Resultado promedio del K en el tiempo.....	72
TABLA 30:	Resultado promedio del P en el tiempo.....	74
TABLA 31:	Resultado promedio del CO2 en el tiempo.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1:	TABLAS DE RESULTADOS	88
ANEXO N°2:	TABLAS ESTADÍSTICAS EN T ₁	91
ANEXO N°3:	TABLAS ESTADÍSTICAS EN T ₂	94
ANEXO N°4:	INTERACCIONES BIFACTORIALES	96
ANEXO N°5:	REGISTRO FOTOGRÁFICO	103

I. RESUMEN

Durante muchos años, la agricultura en las zonas alto andinas del Perú no ha presentado mejora tecnológica, sino se ha convertido en agricultura dependiente de agroquímicos, lo que está provocando que los suelos estén perdiendo productividad, obligando al agricultor a un uso excesivo de agroquímicos o abandonar estos suelos y buscar otros para continuar usándolos.

En el presente trabajo experimental, se busca identificar si las diferencias en los parámetros físico-químicos y biológicos del suelo abandonados mediante el entierro de plantas vivas, técnica conocida como incorporación de abonos verdes.

Las especies que se usaron en la investigación fueron *Trifolium pratense* L.(T1) *Lolium multiflorum* L. (T2), la asociación entre las especies *Trifolium pratense* L. y *Lolium multiflorum* L. (T3) y el control (Control). Al ser incorporadas o enterrada las especies en el suelo, se buscó identificar qué cambio generaban en el suelo y si es eficiente esta técnica para generar un cambio en la estructura química y biológica del suelo. El proceso de investigación inició en febrero del 2021, las muestras de suelo fueron tomadas en tres tiempos, la primera en febrero, la segunda toma muestra en el mes de mayo y la última muestra en junio.

En la primera toma, se obtuvo el resultado del estado del suelo, en la segunda toma de muestra, el parámetro que resultó significativo fue el parámetro biológico (respiración microbiana), el cual presentó un cambio significativo entre los tratamientos y el control. La respiración microbiana - CO₂ (mg/g*h), fue 0.106 mg/g*h, para el T1, para el T2 fue 0.088 mg/g*h, y para T3 fue 0.090 mg/g*h, mientras el control fue 0.006 mg/g*h. Este resultado muestra un incremento en

la actividad microbiana cuando el suelo presenta una cobertura verde, que fueron los tratamientos, debido a que esta brinda humedad y ayudan a la regulación de la temperatura; según Ramos *et al.* (2008), la actividad microbiana se incrementa cuando hay una mayor humedad y cuando el pH está cercano a la neutralidad.

La tercera toma de muestra, el parámetro que resultó significativo fue el parámetro pH (extracto acuoso relación 1:1), en donde el control y tratamientos se encontraron en dos grupos. El control tuvo un pH promedio 6.14, para el T1 su pH promedio fue de 6.44, para el T2 el pH promedio fue 6.44) y T3 su pH promedio fue de 6.30, por lo que, al incorporar una cobertura verde al suelo, muestra un ligero incremento. Mientras los otros parámetros evaluados no presentaron cambio significativo con el control.

Analizando el resultado se puede concluir que la incorporación del *Trifolium pratense* L y *Lolium multiflorum* L. en el suelo tiene un efecto significativo en el parámetro físico – químico del pH mientras que con el parámetro biológico no se encontró efecto significativo.

Palabra claves: Abonos verde, *Trifolium pratense* L., *Lolium multiflorum* L., pH, respiración microbiana

II. ABSTRACT

For many years, agriculture in the highlands of Peru has not presented a technological improvement and is increasingly dependent on agrochemicals, which is causing the soil to lose productivity, forcing the farmer to use excessive agrochemicals and in some cases abandon those lands and exploit others.

In the present experimental work, we seek to identify if there are changes in the chemical and biological aspects of the abandoned soil through the burial of living plants, this technique is known as green manure.

The species used in the investigation were *Trifolium pratense* L. (T1) *Lolium multiflorum* L. (T2), the association between the species *Trifolium pratense* L. and *Lolium multiflorum* L. (T3) and the control (Control). When the species were incorporated or buried in the soil, it was sought to identify what change they generated in the soil and if this technique is efficient to generate a change in the chemical and biological structure of the soil. The investigation process began in February 2021, the soil samples were taken in three times, the first in February, the second in May and the last sample in June.

In the first sample, which was two months after starting the experiment, the parameter that was significant was the biological parameter (microbial respiration), which presented a significant change between the treatments and the control. Microbial respiration - CO₂ (mg/g*h) was 0.106 mg/g*h for T1, for T2 it was 0.088 mg/g*h, and for T3 it was 0.090 mg/g*h, while the control it was 0.006 mg/g*h. This result shows an increase in microbial activity when the soil has a green cover, which were the treatments, because it provides moisture and helps regulate temperature, according to Ramos *et al* (2008), microbial activity increases when there is higher humidity and when the pH is close to neutral.

The second sampling was taken the fifth month after the experiment began, the parameter that was significant was the pH parameter (aqueous extract ratio 1:1), where the control and treatments were found in two groups. The control had an average pH of 6.14, for T1 its average pH was 6.44, for T2 the average pH was

6.44) and T3 its average pH was 6.30, so that, when incorporating a green cover to the soil, it shows a slight increase. While the other parameters evaluated did not show significant change with the control.

Analyzing the result, it can be concluded that the incorporation of *Trifolium pratense* L. and *Lolium multiflorum* L. in the soil has a significant effect on the chemical parameters (pH), while no significant effect was found with the biological parameter.

Keywords: *Trifolium pratense*, *Lolium multiflorum* L., pH, microbial respiration

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú tiene gran variabilidad climática y esto se debe a las corrientes marinas, cordillera de los Andes, los vientos alisios y a la ubicación en latitudes tropicales, permitiendo que muchas especies se adapten.

Según el Ministerio del Ambiente (2019) en el Perú se cultivan desde el nivel de mar hasta 4000 msnm, especies como la papa, maíz, maca, etc. Siendo la papa una especie que pesar de un clima agreste y temperaturas bajas, se adapta. Pero es el agricultor con propósito de aumentar la producción que desarrolla prácticas agrícolas inapropiada, tales como sobrepastoreo, deforestación, incendio, haciendo que el suelo este más propenso a la erosión (Terranova et al.,2009) obligando a recurrir al uso de agroquímicos para mantener el cultivo.

En Huánuco, el cultivo de la papa es segundo de mayor cosecha según el Instituto Nacional de estadística e informática (INEI) del 2021, siendo Umari una zona productora de papa. Este cultivo requiere un alto requerimiento de insumos agrícolas, los cuales pueden constituir un alto porcentaje en el costo de producción (Loayza, 2020), este uso excesivo de agroquímicos degrada y

saturan de nitratos al suelo. Esto ha provocado que el suelo baje su productividad, la calidad del cultivo, el cual, no es bueno para mercados exigentes de un producto saludable (orgánico) y sobre todo cuando el suelo tiene una dependencia de estos agroquímicos.

Por ello, es necesario diseñar estrategias integrales para llevar una agricultura sostenible y lograr recuperar de forma natural estos suelos agrícolas que han sido explotados y poder conservarlos.

El siguiente trabajo experimental propone ver el efecto de la incorporación de las *Trifolium pratense* L. y *Lolium multiflorum* L. al suelo. Mediante los resultados obtenidos de la evaluación químico y biológicos al suelo determinar las especies incorporadas puedan ser una alternativa de recuperación natural, sencilla y económica para el suelo de la zona experimental.

El método consiste en la siembra de especies vegetativas como las leguminosas (*Trifolium pratense*) que ofrecen nitrógeno y las gramíneas (*Lolium multiflorum*) que aportarán materia orgánica al suelo al ser enterradas, de esta forma ayudaría en el manejo y recuperación del suelo y lograr un cultivo saludable y sostenible. Las especies usadas como abono verde son denominadas mejoradoras del suelo de forma natural, siendo este método eficaz pero no comúnmente usado.

El uso de abonos verdes reduciría la dependencia de productos químicos que en la actualidad son bastante usados. Por ellos es necesario identificar los efectos que tiene la incorporación de leguminosas y/o gramíneas cuando se puede aplicar.

IV. MARCO TEÓRICO

a. Leguminosas

Las leguminosas son consideradas uno de los grupos más diversos entre las plantas con flores, después de las Asteraceae y las Orchidaceae (Rodríguez, Ortega y Devesa, 1999). Esta familia está compuesta de tres subfamilias: Papilionoideae, Mimosoideae y Caesalpinoideae.

En este trabajo se enfocará en la Papilionoidea (Fam. Fabaceae), porque esta se encuentra en su mayoría en zonas templadas y el casi 93% presenta asociación simbiótica con *Rhizobium* spp. para la captación del nitrógeno, además tiene como característica común el alto contenido de proteína (20 a 46%), lo que determina su valor e importancia en la alimentación humana (Strasburger et al. 2002).

i. *Trifolium pratense* L. (Trébol rojo)

Descripción: Según la del Herbario de la Universidad Pública de Navarra (2019) esta especie es originaria del sudeste de Europa, pero es en el norte de Europa que se usa como forraje, actualmente es la leguminosa de siega más usada en la Península Ibérica.

En el Perú es una de las principales leguminosas forrajeras, debido a su adaptabilidad a diferentes climas (Terrones H. y Julio N., 1999).

Adaptabilidad: Crece en climas templados, según Spedding y Dieckmahns (1972) (citado por Troncoso, 2004) esta especie se desarrolla de forma normal a temperaturas de 7 hasta 38°C y que el crecimiento depende de de la precipitación. A su vez prospera en suelos moderadamente ácidos, aunque con pH inferiores la nodulación es pobre según Romero y Bonert, 1979 (citado por Troncoso, 2004).

Establecimiento: Requiere climas templados, resiste frío y no tolera la sequía. Es una leguminosa perenne de corto tiempo, es usada como una especie forrajera muy importante teniendo una vida de 2 a 3 años (Herbario de la Universidad Pública de Navarra, 2019).

Productividad: Según Bernal (2005), el trébol rojo también puede ser usado para ensilaje, heno o cobertura. Su producción es en las estaciones de otoño y verano dando entre 12 a 15 t/ha; posee un alto valor nutricional para los animales (Herbario de la Universidad Pública de Navarra, 2019).

Morfología: La altura que puede llegar es hasta 60cm de altura. Sus hojas son trifolioladas con peciolo de 8 a 25cm de largo que se acorta hacia el ápice de la planta (foliolos lanceolados), presenta inflorescencia siendo sus flores de color rosado o purpúreas (Izaguirre, 1995 citado por Urrutia, 2013).

Taxonomía: El nombre proviene del latín Tres y pratense que significa de los prados. Como nombre común es el trébol rojo. Trébol de prado, Trébol enano, Trébol común, Trébol de la luna, Trébol silvestre.

Figura 1

Trifolium pratense



Nota. Fuente: Thomé & Migula, 1886

b. Gramíneas

Integran familia de los pastos, denominada Gramineae o Poaceae. Se encuentran en diferentes zonas geográfica y latitudes; se tiene alrededor de 700 géneros y 10000 especies alrededor del mundo. Según Dávila y Sánchez (1996) las gramíneas presentan mayor cantidad de carbohidratos teniendo un alto valor nutritivo, aunque su calidad, cantidad y distribución de nutrientes están influenciadas por los factores físicos como el clima, fertilidad y las épocas del año.

ii. *Lolium multiflorum* L. (Ryegrass)

Descripción: El *ryegrass* es una especie originaria de Mediterráneo, fue cultivada por primera vez en Italia y el sur de Europa (Freire, 2012), actualmente esta especie se adaptado y distribuido de manera natural en muchas praderas de América.

Según Terrones H. y Julio N., (1999) al *Lolium multiflorum* L. es usada como gramínea forrajera en las zonas andinas en el Perú.

Adaptabilidad: Es un pasto que se adapta a alturas superiores de 3000 msnm, requiriendo suelos fértiles con potencial productivo (Herbario de la Universidad Pública de Navarra, 2019). Los procesos vitales de la planta se inician a los 4 °C, alcanzan la máxima potencia a los 35 °C y se paralizan temporalmente, al superarse los 45°C (Velásquez, 2009). Siendo su mejor crecimiento a temperaturas entre 20 a 25°C. En ocasiones la producción se ve afectada por las altas temperaturas, aunque tenga suministros adecuados de agua, otro aspecto importante para el desarrollo del ryegrass es cuando el pH del suelo este entre 5.5 a 6.5.

Establecimiento: Es de crecimiento inicial rápido, se considera una especie agresiva hacia las demás especies de pastos. Es anual o bianual y se puede resembrar para mayor duración de la pradera productiva (Herbario de la Universidad Pública de Navarra, 2019)

En el Perú, esta especie se ha adaptado a las zonas como el Valle ladera y jalca de la zona andina del Perú (Terrones H. y Julio N., 1999).

Productividad: Es una Poaceae de ciclo corto. Es considerado un buen alimento por ser de buen sabor y muy digerible para el ganado. También

puede ser utilizado como cobertura por su rápido crecimiento (Carambola, 2000).

Las características del *ryegrass* son el alto potencial productivo, un rápido establecimiento con una mínima labranza (Velázquez, 2009).

Según Bernal (2005), el *ryegrass* anual es valorado por su crecimiento rápido y buen desarrollo en los meses de invierno además tiene buena aceptación por el ganado. Es usado como silaje o heno, aunque antiguamente eran incluidos en mezclas de pasturas permanentes para los meses fríos. El *Ryegrass* de rotación corta, persiste por dos a tres años teniendo una vida de 9 a 12 meses.

Morfología: Es una especie que posee un sistema radicular ramificado y denso, posee raíces fibrosas y adventicias.

El *ryegrass* anuales se caracterizan por tener hojas más anchas, larga y de color verde más claro que el *ryegrass* inglés; sus nervios son marcados con un envés brillante (Medina, 2009)

c. Asociación de gramíneas y leguminosas

Pérez y Piñeiro (1994), señalan que la asociación de las especies de leguminosas y gramíneas mejora la calidad del suelo, esto se debe a que hay aporte de nitrógeno atmosférico, por la captación de luz y la distribución estacional de biomasa puesto que es homogénea. Esta mezcla constituye una de las fuentes más baratas de raciones balanceadas, conservación y mejoramiento de suelos.

Según Pulgarín (2011), las mezclas forrajeras de clima frío tienen un papel importante en la alimentación del ganado, puesto que esta asociación disminuye los efectos tóxicos que ocasionan los otros forrajes, además mejora

las condiciones a nivel digestivo del ganado. La relación de mezcla forrajeras de leguminosas y gramíneas se dio 30% - 70% o 50 - 50% respectivamente siendo su distribución en toda el área cultivada. Cuando en el cultivo se tiene porcentajes menores de leguminosas en la mezcla forrajera a menor el beneficio de la incorporación de nitrógeno al suelo, sin embargo cuando el porcentaje de las leguminosas aumenta en la mezcla podría causar complicaciones digestivas en los animales. La mezcla forrajera es una solución alimentaria para el ganado que es criado en zonas de altura de clima frío.

Alarcón (2007) menciona que las asociaciones con leguminosas y pastos anuales han permitido la acumulación de forraje, la fijación de nitrógeno sino también la acumulación de diferentes sustratos. Entre las ventajas de las mezclas de gramíneas y leguminosas se encuentra:

- Mayor aprovechamiento del suelo debido a la diferencia de tamaño de las raíces.
- Se tendría mayor cobertura del suelo cuando las especies estén en la etapa de crecimiento y desarrollo.
- Control de la invasión de malezas en los suelos donde se cultivan dichos forrajes
- Proporciona una ración balanceada para los animales en cuanto a proteínas.
- Mejora la digestibilidad del ganado.
- Disminuye las pérdidas por las heladas y sequías, debido a que forma microclimas protectores.

d. Abonos verdes

Los abonos verdes son plantas que funcionan como protección del suelo como una cobertura que al sembrarse reestablece al suelo mediante su incorporación. Se les llama verde por tratarse de materia vegetal sin procesar (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, 2010)

Inicialmente los abonos verdes se establecen como coberturas y posteriormente se incorporan al suelo. Cuando están en forma de cobertura disminuye la erosión del suelo ocasionado por acción viento o del agua, según Noa *et al* (1987) un suelo cubierto puede tener una pérdida de 0.5 t/ha mientras un suelo libre puede alcanzar hasta 130 t/ha. También reduce las variaciones de temperatura en el suelo (Wade y Sanchez, 1983) por la retención de agua, manteniendo la humedad del suelo aumentando de esta manera la eficiencia hidrológica de las plantas (Barrera, 2015)

Cuando estas plantas son enterradas en estado verde se denomina abono verde (Gomero y Velásquez, 1999), teniendo como función de apoyar con los nutrientes para los cultivos de la rotación siguientes, a través de la fijación de nitrógeno (Hazelip, 2002) o por su eficiencia en hacer disponibles nutrientes para los cultivos (Centro de Investigación y Formación en Agricultura, 2008)

Según Conant y Fadem (2011), empleos comunes del abono verde:

- El abono verde puede ser cultivado junto con el cultivo principal.
- Cuando se quiere dejar descansar al suelo una opción es el sembrar especies que sirven de abono verde. El rastrojo

adicionado con el abono verde ayuda al suelo y suprime la aparición de malas hierbas.

- La siembra en época de estiaje preparando para siguiente cultivo.

Las plantas más usadas como abonos verdes son las leguminosas, ya que estas incrementan el nivel de materia orgánica al suelo y proveen una fuente de nitrógeno (Fontana, 2014), esto se debe asociación simbiótica entre las raíces y unas bacterias (*Rhizobium. spp*). Otras especies que también pueden ser utilizadas son gramíneas y las mismas arvenses (malezas) acompañantes del cultivo (Prager *et al*, 2012).

e. Efectos biológicos y físico - químicos de los abonos verdes

Efectos en las propiedades biológicas en el suelo

Los abonos verdes cuando son incorporados como materia orgánica permitirían la existencia de microorganismos, ya que los residuos vegetales serán su fuente de energía y les permitirá desarrollarse (Rieppi, 2019). También promueve la movilización y reciclaje de nutrientes, disminuye la infestación de malezas, plagas y enfermedades (Peñalva y Calegari, 1999 citado por Rieppi, 2019)

Las plantas usadas como abonos verdes pueden hospedar o incrementar organismos benéficos, o repeler y controlar la incidencia de cierta plaga (Cobo, 1998). Según Rizzo, *et al* (1993) algunos abonos verdes como la *Mucuna spp* disminuye el crecimiento y sobrevivencia de algunas especies de babosas. Y su implantación puede variar considerando las condiciones ambientales en particular la humedad y fertilidad (Mariñas, 2015)

Cobo (1998) menciona otras especies como las gramíneas *Avena* sp, *S. cereale*, *Lolium multiflorum* y *Hordeum vulgare* y las leguminosas *Medicago sativa*, *Ornithopus sativus* y algunas especies de *Crotalaria*, *Mucuna* y *Cajanus*, que han demostrado tener un gran potencial de controladores de nemátodos.

Efectos en las propiedades físico - químicas en el suelo

El abono verde permite una mejor infiltración y retención de agua, manteniendo la humedad del suelo aumentando la eficiencia hidrológica de las plantas (Barrera, 2015). También reduce las variaciones de temperatura en el suelo, esto ocurre solamente si se utiliza de manera superficial ya que si se incorpora no tendría influencia puesto que la superficie estaría descubierta (Wade y Sanchez, 1983).

Respecto a los efectos químicos en el suelo los abonos verdes mejoran la fertilidad del suelo, siendo las leguminosas las más usadas., aumentan la disponibilidad de nitrógeno al suelo, aumentando el rendimiento del próximo cultivo.

Según Cobo (1998), el aumento de materia orgánica en el suelo puede resultar en el incremento de su capacidad de intercambio catiónico.

Como estas plantas son utilizadas como enmienda conlleva a una liberación gradual de nutrientes, como el nitrógeno (N), esto se debe asociación simbiótica entre las raíces y unas bacterias fijadoras de N (p. ej.. *Rhizobium* spp.); y otros nutrientes como el Fósforo (P) y Azufre (S) y al aumento del carbono en el suelo (Kass, 1996); aunque los abonos verdes no enriquecen significativamente con estos nutrientes, sí evitan la pérdida de estos.

Adicionalmente ayudan a la disminución de la acidez ya que la materia orgánica añadida actuaría como un regulador de pH y favorecería la formación de complejos órgano minerales en el suelo, evitando la lixiviación (Sánchez, 1981).

Especies que se pueden utilizar como abono verde

Como se mencionó con anterioridad las principales plantas que son usadas como abono verde son: Leguminosas, Gramíneas y Crucíferas.

f. Parámetros

pH:

El cálculo de pH, se mide con la concentración de iones hidrógeno activo (H+) que se da en fase líquida del suelo. El grado de pH del suelo se determina por medio de un electrodo de vidrio en contenido de humedad específico, expresado por números positivos del 0 al 14. El pH en el suelo se puede encontrar en tres condiciones: ácido, neutro y alcalino (Fernández et al., 2006). Para determinación del pH se utiliza el método potenciométrico.

Tabla 1

Clasificación del pH en el suelo

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	<5.0

Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

Nota. Fuente: El pH según los criterios USDA (Torrico, 2019)

Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica permite medir la salinidad del suelo (Bazan,2017).

Tabla 2

Clasificación de la conductividad eléctrica en el suelo

Categoría del suelo	Valor (mmhos/cm o dS/m)
No salino	0 – 2.0
Poco salino	2.1 – 4.0
Moderadamente salino	4.1 – 8.0
Muy salino	8.1 – 16.0
Extremadamente salino	> 16.0

Nota. Fuente: Vazquez y Bautista (1993)

Materia orgánica:

La fracción orgánica del suelo constituye de restos de vivos ya sean vegetales o animales pero también proviene de fuentes antropogénicas, según lo mencionan Fernández et al. (2006).

Mediante la materia orgánica se puede estimar el contenido del carbono orgánico.

Tabla 3

Clasificación del porcentaje de Materia Orgánica

Clase	Materia orgánica (%)
	Clasificación
Bajo	<3
Medio	3 – 5
Alto	<5

Nota. Fuente: Instituto Nacional Tecnológico, 2016

Nitrógeno (N):

Según Fernández et al. (2006), El nitrógeno es un elemento importante para existencia. Este elemento ingresa al suelo mediante fuentes orgánicas o la actividad microbiana.

La escasez de nitrógeno puede afectar el crecimiento microbiano, mientras su exceso de nitrógeno permite el incremento microbiano y la descomposición.

La metodología para determinar el nitrógeno total se realiza con el método Micro Kjeldahl.

Tabla 4

Clasificación del suelo según el porcentaje de contenido de nitrógeno total

Categoría	Valor (%) de nitrógeno en suelo
Extremadamente pobre	< 0.032
Pobre	0.032 – 0.063
Medianamente pobre	0.064 – 0.095
Medio	0.096 – 0.126
Medianamente rico	0.127 – 0.158
Rico	0.159 – 0.221
Extremadamente rico	> 0.221

Nota. Fuente: Moreno (1978)

Fósforo (P):

El fósforo se clasifica en fósforo orgánico e inorgánico, la forma orgánica se encuentra en el humus o materia orgánica; mientras su forma inorgánica está constituida por compuestos de hierro, aluminio, calcio y flúor y son los más abundantes que los compuestos orgánicos, según Fernández et al. (2006).

Para determinar el fosforo soluble se utiliza el método Olsen.

Tabla 5

Clasificación del fósforo en el suelo

Categoría	Fósforo (ppm)
Bajo	< 5
Mediana	5 - 10
Adecuado	> 10

Nota. Fuente: Alaluna (2019)

Potasio (K):

El potasio tiene un rol importante en la planta influenciando sobre la fotosíntesis y su deficiencia se evidencia en la reducción de crecimiento y poca resistencia de las plantas a la sequía (Davelouis, 1991).

Tabla 6

Calificación del suelo según la cantidad de Potasio

Categoría	Potasio (ppm)
Bajo	< 150
Medio	150 - 250
Alto	250 - 800
Muy alto	> 800

Nota. Fuente: Alaluna (2019)

Actividad microbiana:

La actividad microbiana en el suelo es fundamental por la importancia ecológica. La cuantificación de la actividad microbiana se realizó mediante la respiración microbiana del suelo, con la cuantificación de la producción

de CO₂ de los microorganismos, mediante el método descrito por Anderson (1982). El índice microbiológico se ve influenciado por el ambiente, actividades como labranza y rotaciones de cultivos (Campbell citado Zagal et al., 2002).

V. ANTECEDENTES

En la investigación de Mugica (2011) se evaluó el efecto del manejo de residuos de *Lolium multiflorum* que generaron en los campos sobre los microorganismos y la actividad enzimática del suelo y del tiempo que estén en el suelo. Para la evaluación se establecieron 30 microparcels con 5 tratamientos: suelo desnudo, cultivo de *Lolium multiflorum*, *ryegrass* enterrados como restos secos, *ryegrass* enterrado como resto verde y *ryegrass* en superficie. Los resultados que se obtuvieron fueron que no se vio afectada de forma significativa la actividad enzimática entre los tratamientos, pero la actividad de las enzimas varió en el tiempo de la estancia de los residuos de *ryegrass* que se usaron como tratamiento. Por otro lado, se observa que con incremento de la materia orgánica en el suelo también aumento la biomasa microbiana. También el *ryegrass* no ha presentado un efecto inhibitorio sobre las enzimas y los microorganismos del suelo.

El efecto de los sistemas de laboreo e incorporación del frijol dolichos como abono verde (*Lablab purpurens* L) evaluado por Beltran (2006), indica que genera efectos en las características físicas, químicas y biológicas del suelo Yermosol Haplico de las zonas áridas. La materia orgánica mostró una recuperación significativa en el suelo, también hubo un incremento en los macro nutrientes, entre otros parámetros de fertilidad. La actividad microbiana se vio

incrementada después del entierro del abono verde indicando que el frijol dolichos es un buen promotor de esta. Se hizo un análisis económico donde se comprobó que el abono verde en relación a los fertilizantes sintéticos es más barato sin considerar los beneficios ambientales y edáficos.

En el estudio se implementó un sistema agroforestal usando la especie *Vetiveria zizanioides* con arbustos leguminosos (*Inga edulis*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp) realizado por Luque (2003). Los resultados que se obtuvieron fueron, que el vetiver en los tres primeros meses evitó la erosión del suelo. En el año de la instalación de la parcela se obtuvo una disminución de la densidad aparente y la resistencia mecánica, por otro lado, hubo un aumento significativo de la infiltración de agua. A su vez las leguminosas y el vetiver fueron incorporadas como *mulch*, siendo favorables a la fertilidad del suelo y control de erosión.

Las coberturas de leguminosas cumplen funciones de conservar y mejorar las características del suelo, García (2012). El estudio se realizó en la estación experimental el Choclino, región San Martín, Tarapoto. El estudio mostró diferencia significativa de la biomasa total en base a la materia seca, siendo la *Centrosema macrocarpum* fue superior con los otros tratamientos. También fue este tratamiento el que presentó mayor concentración de nutrientes. Los tratamientos no mostraron diferencia significativa en los efectos físicos del suelo, indicando que el efecto puede ser mayor o menor según el tipo de cobertura que se piensa usar.

El efecto de tres abonos verdes, sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo Brassica oleracea L., var. Snow White (Coliflor), en un suelo de baja fertilidad, Zungarococha, San Juan, Loreto por Muñoz (2014). En

la investigación demostró que la gallinaza tuvo el mejor efecto, siendo el segundo con mejor resultado la del *Pueraria phaseoloides*, posterior el *Centrosema pubescens* y finalmente *Desmodium heterocarpon*. Pero de acuerdo con los costos los abonos verdes son más económicos.

Efecto del cultivo de cobertura: Mucuna pruriens, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo Typic Haplustalfs, cultivado con maíz (Zea mays L.) en zona de ladera del Municipio de Palmira, Valle realizado por Sanclemente O. (2009). Se usó siete tratamientos: Testigo (T1), abono verde (T2), abono verde + 5 mg/ha de compost (T3), abono verde + 250 kg/ha de NPK 10-30-10 (T4), abono verde + 2.5 mg/ha de compost + 125 kg/ha de NPK 10-30-10 (T5), cobertura muerta (T6) y cobertura muerta + 2.5 mg/ha de compost + 125 kg/ha de NPK 10-30-10 (T7) ; teniendo como resultados que no se tuvo diferencia significativa entre tratamientos en los siguientes parámetros: la actividad biológica, el C- biomasa microbiana, N inorgánico, N mineralizable; mientras el Nitrógeno total se incrementó de forma significativo en los tratamientos T3 y T5, el Carbono orgánico total se incrementó a los 220 días en los tratamientos T3, T5 y T7. El maíz (*Zea mays L.*) tuvo un mejor rendimiento con los tratamientos T5, T7, T6 y T3

En la investigación de *Mucuna (Mucuna sp.) como abono verde para recuperación de un suelo degradado en Tingo Maria*, realizado por Abendaño B. (2002), quien utilizó como especie a la leguminosa *Mucuna sp* la cual fue sembrada y usada como abono verde en un suelo ácido, bajo en materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio. Mediante la evaluación de fertilidad al suelo se tuvo como resultado, que el pH se mantuvo con un nivel ácido,

aunque tuvo un aumento del 3%, a su vez se incrementó en 37.6% la materia orgánica, el nitrógeno total aumento un 40% , indicando que el uso de abono verde permite recuperar la fertilidad del suelo.

VI. OBJETIVOS / HIPÓTESIS

a. Objetivos

i. Objetivo general

Evaluar el efecto de la incorporación de las leguminosas (*Trifolium pratense*) y gramíneas (*Lolium multiflorum* L.) en el suelo.

ii. Objetivos específicos

- Medir el efecto del *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* en las propiedades físico - químicas del suelo.
- Analizar el efecto del *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* en la actividad biológica del suelo.

b. Hipótesis

El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* tendrían un efecto recuperador significativo en el suelo.

- H0: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum*. no tendrían efecto recuperador significativo en el suelo.
- Ha: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum*. tendrían efecto recuperador significativo en el suelo.

i. Hipótesis específica

1. Hipótesis específica 1:

El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* tendrían efecto en las propiedades físico - químicas del suelo.

H0: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* no tendrían efecto en las propiedades físico - químicas del suelo.

Ha: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* tendrían efecto en las propiedades físico - químicas del suelo.

2. Hipótesis específica 2:

El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* tendrían efecto en las propiedades biológicas del suelo.

H0: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* no tendrían efecto en las propiedades biológicas del suelo.

Ha: El *Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* tendrían efecto en las propiedades biológicas del suelo.

VII. METODOLOGÍA

a. Tipo de investigación

Esta investigación experimental con un enfoque cuantitativo, conforme a Fernandez *et al.* (2014) con pre-prueba, prueba durante y post-prueba; con un grupo control y un grupo experimental.

En el cual la diferencia promedio de las pruebas que fueron calculadas en cada grupo y sus resultados son comparados. Y las diferencias fueron estadísticamente validadas mediante un análisis estadístico.

b. Zona de estudio

El trabajo de investigación se inició en el mes febrero hasta junio del 2021 en la parcela de la familia Raez Cierto, ubicada en el caserío Pavina Alta, distrito Umari, provincia Pachitea y departamento de Huánuco.

Umari presenta el tipo de suelo Leptosol dístico - Cambisol dístico - Regosol dístico de acuerdo a la clasificación de suelos del Perú como lo indica Huaman (2020), este suelo se caracteriza por ser franco arenoso, con presencia de piedras, mostrando una erosión moderada, respecto a los macronutrientes muestra niveles bajos de fósforo, materia orgánica y nitrógeno; y niveles medios de potasio.

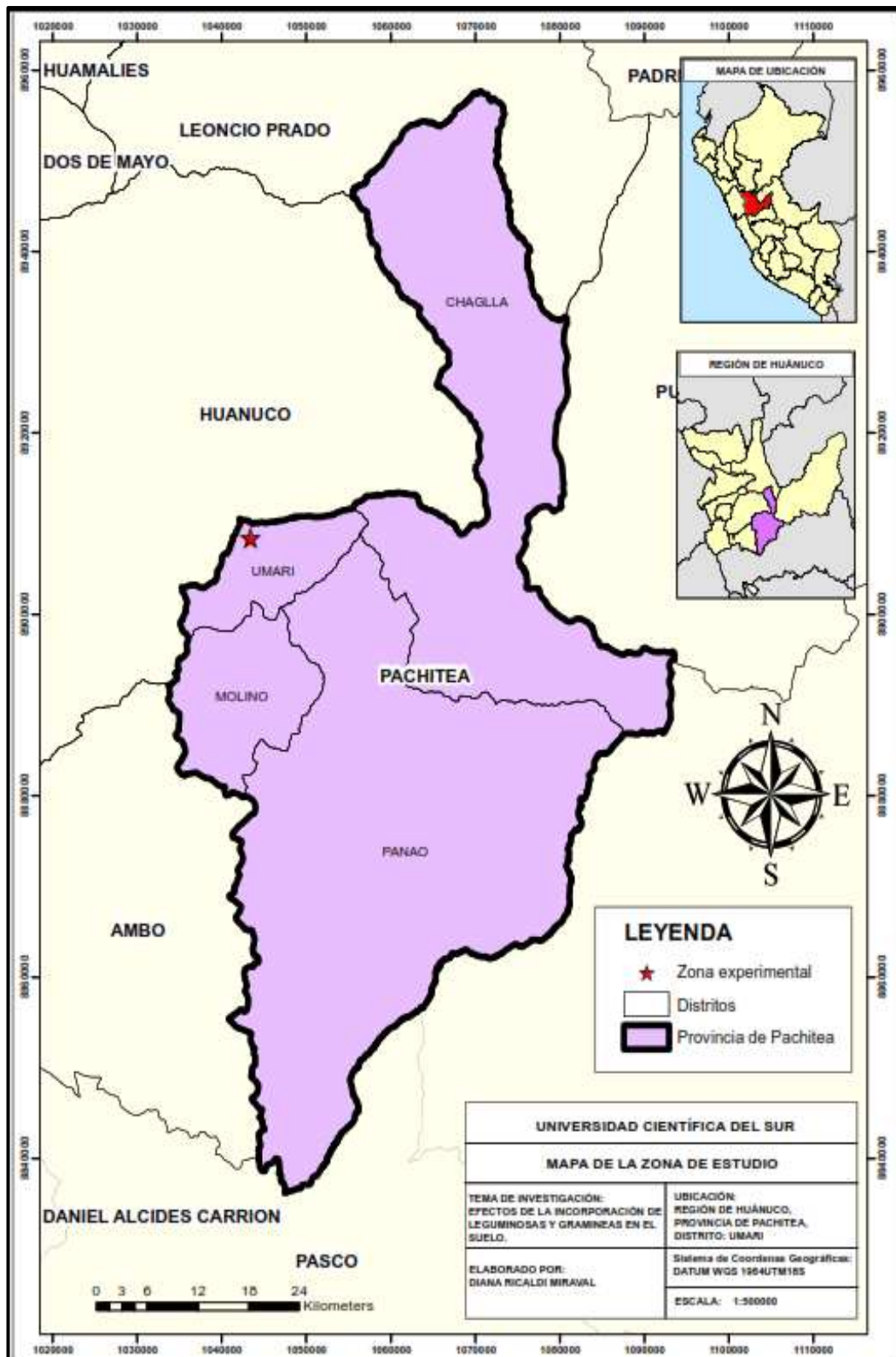
El caserío de Pavina Alta tiene características climáticas singulares a comparación de los otros caseríos pertenecientes a Umari. Este caserío tiene precipitaciones principalmente en los meses de diciembre y enero, la agricultura depende mucho de las lluvias de las zonas altas.

La zona de estudio se localizó en el departamento de Huánuco, provincia Pachitea, distrito Umari – Caserío Pavina Alta. Teniendo como ubicación geográfica Latitud: 9°50'19.58"S y Longitud: 76° 2'59.10"O a 2 237 msnm.

En el 2021, según *Standardized precipitation index* (SPI) en el Reporte de condiciones secas y húmedas en el Perú (Senamhi.2021) indica que en setiembre 2020 a agosto 2021, Huánuco tuvo déficit de lluvia.

Figura 2

Ubicación de parcela experimental



c. Tratamientos en estudio

Los tratamientos de la investigación se indican en la Tabla 7:

Tabla 7

Tratamientos experimentales

Clave	Descripción
T1	<i>Trifolium pratense</i>
T2	<i>Lolium multiflorum</i>
T3	<i>Trifolium pratense</i> + <i>Lolium multiflorum</i>
Control	Control o Testigo

d. Tiempos de muestreo

El experimento constó de tres momentos donde se tomó muestras del suelo. Tabla 8 Tiempos de toma de muestras

Tabla 8

Tiempos de toma de muestra de suelo

Claves	Descripción
Tl ₀	Toma de muestra inicial
Tl ₁	Toma de muestra a los tres meses
Tl ₂	Toma de muestra a los cinco meses

e. Diseño experimental

La investigación es un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), que consta de tres tratamientos y un control con tres repeticiones. Los tratamientos son dos tipos de especies (*Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* L) en las parcelas experimentales distribuidas al azar, una en

asociación de la leguminosa con la gramínea (*Trifolium pratense* + *Lolium multiflorum* L) y una parcela control.

f. Análisis estadístico

Al tratarse de un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) de variables cuantitativas, se optó por el uso de las pruebas estadísticas paramétricas, para esto se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, en la cual se confirmó la normalidad de los datos, que es un requisito para el uso de pruebas paramétricas. Siguiendo un diseño de corte longitudinal, se establece la necesidad de utilizar estadígrafos para más de dos mediciones. Se realizó la prueba de "ANOVA para medidas repetidas". Se utilizó un nivel de significancia del 0.05 (p valor).

Tabla 9

Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Tiempo	2
Interacción	6
Error experimental	24
Total	35

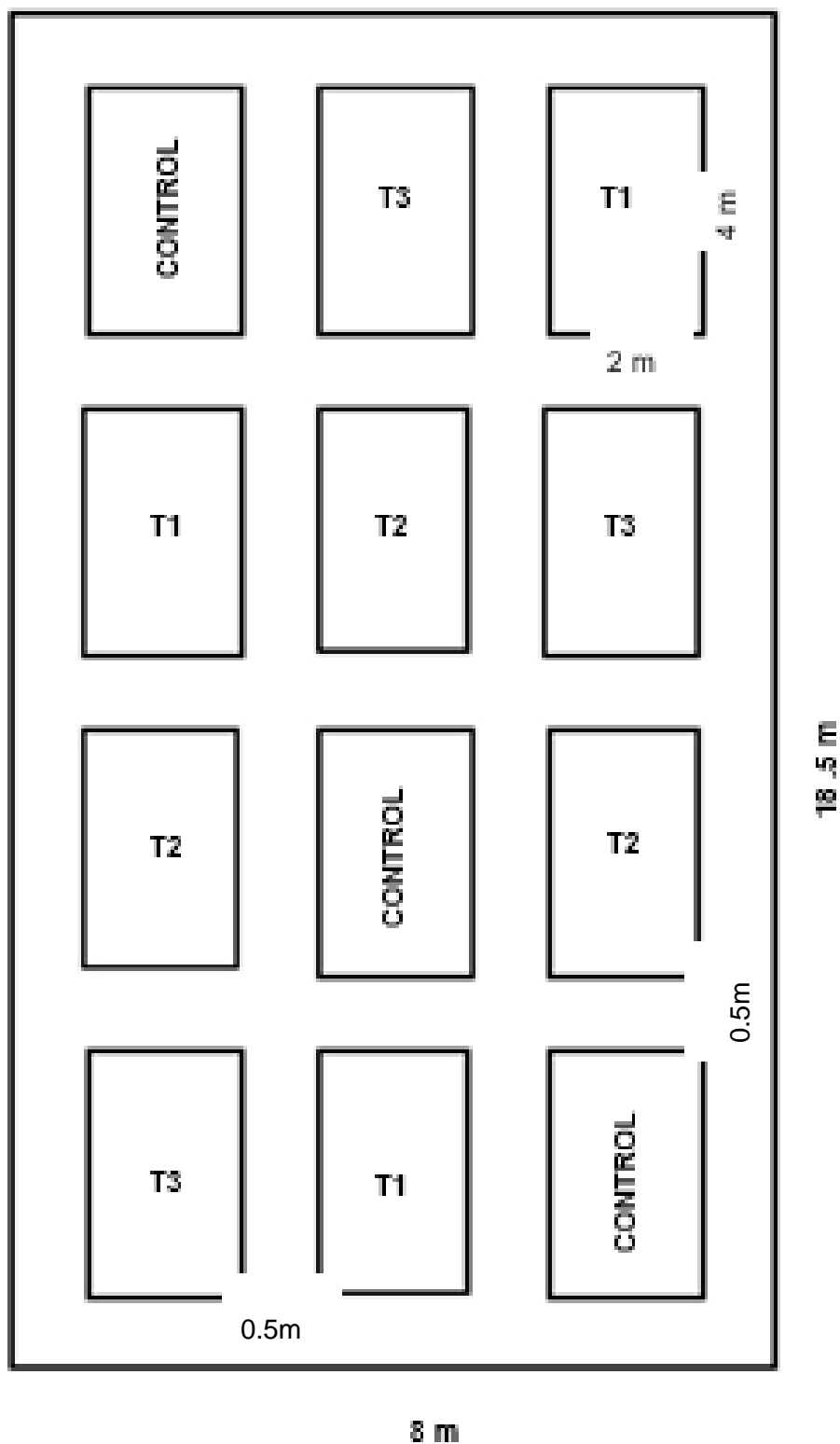
g. Croquis del área experimental

Dentro se área experimental se implementaron tres bloques con cuatro parcelas. En tres de las parcelas se sembraron los tratamientos y en una el control, la distribución de los tratamientos fue al azar, con el fin de tener una muestra significativa del suelo, entre las parcelas había una separación de 0.5 m. En la Figura 2 se puede evidenciar la distribución de los tratamientos y el control. Cabe precisar que el terreno presentaba un ángulo de 11 grados y las parcelas se instalaron siguiendo la pendiente, estando el Control - T3 - T1 en la parte superior y la zona inferior las parcelas T3 - T1 - Control.

Se escogió parcelas rectangulares debido a que el área total que brindó la familia para el experimento fue un área de dimensión rectangular y desea aprovechar el espacio.

Figura 3

Plano de distribución de la parcela experimental



h. Características del campo

El terreno donde se instaló la parcela experimental pertenecía a la familia Ruez Cierto, esta área se encontraba abandonada aproximadamente 1 año, según la familia el suelo estaba descansando para una próxima siembra. El terreno se encontraba desnudo con una ligera presencia de especie vegetativas, tenía un ángulo de terreno de 11° aproximadamente; no se tenía acceso al agua por ello el cultivo era estacionario, obligando a los pobladores del caserío a tener un reservorio, con el cual la distribución del agua se daba por horas para cada familia.

En esta zona la agricultura es estacionaria habiendo mucha dependencia de la lluvia

El suelo fue pedregoso siendo más visible en ciertos sectores por ello las parcelas experimentales se separaron en bloques (3 bloques) y en cada bloque se instaló las parcelas con sus tratamientos con orden aleatorio, con el fin de corregir la heterogeneidad para la toma muestra.

a) Campo experimental

- Largo: 18.5 m
- Ancho: 8 m
- Área Total: 247.5 m²

b) Unidad experimental

- Largo: 4 m
- Ancho: 2 m
- Área total: 8 m²

i. Materiales

- Ácido clorhídrico (HCl) de 0.25N

- Beakers de vidrio de 25mL
- Matraz de 250mL
- Block de notas
- Bolsas de plástico de 250 g
- Cooler de 20L plástico
- Etiquetas
- Glucosa al 25%
- Cloruro de bario (BaCl_2) 1N
- Hidróxido de sodio (NaOH) 1N
- Placa Petri de vidrio
- Vial de 3.5 mL

j. Metodología experimental

Preparación del terreno: El suelo fue humedecido un día antes de iniciar la remoción y se retiró todo tipo de maleza que existía en toda el área que sería usada para el experimento. Después de preparar el suelo se procedió a tomar la muestra inicial del suelo (TI_1). Luego se distribuyó e implementó las parcelas experimentales de acuerdo con el croquis del experimento, el cual se muestra en la Figura 3, las subparcelas experimentales (parcela con tratamiento) tenían un área de 8 m² cada uno.

En los meses de febrero y junio la temperatura máximo promedio fue 18.22 °C y la mínima promedio fue 7.32°C; la humedad relativa promedio fue 95.94%; mientras la precipitación promedio fue 6.38 mm/día, según la

página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (s.f).

Sistema de riego: Se instaló un sistema de aspersion, con el fin de que el agua pueda llegar a todas las parcelas. El sistema de aspersion se conectó al canal de regadío, el cual se habilitaba por dos horas de 6-8 am y en la tarde 3-5 pm. La frecuencia de riego fue diaria, aunque esta frecuencia se veía afectada por los problemas almacenamiento en las zonas altas.

El agua usada para el riego provenía de las zonas altas del caserío de Umari, siendo colectada principalmente por las pozas de agua que se forman por la lluvia

Siembra de los tratamientos: En cada parcela experimental se sembraron las diferentes especies, las cuales son los tratamientos, también se consideró una parcela testigo (control).

El método de siembra que se realizó fue al voleo, la cual consiste en una siembra directa y sin un orden establecido, la profundidad del entierro de las semillas fue a 1.5 cm (López, 1996)

Las semillas fueron compradas en una tienda de agroquímicos de Huánuco, por lo cual no se realizó pruebas de germinación.

Se realizó una resiembra después de dos semanas de la primera siembra, debido a que no se cubrió toda la parcela experimental, esto se realizó en todas parcelas experimentales.

Entierro de los tratamientos: A los tres meses de haber iniciado la siembra de los tratamientos se procedió a cortar y enterrar las especies a

una profundidad de unos de 20 a 30 cm aproximadamente, según la Guía para el Muestreo de Suelos (2014) que es para suelos agrícolas.

i. Tomas de muestras de suelo

Primera toma de muestra de suelo (TI₀): Para esta toma de muestra se consideró tomar una muestra aleatoria representativa de toda el área en donde se desarrollaría el experimento. Esta toma de muestra se realizó cuando se tenía el terreno preparado. Las muestras extraídas se colocaron en unas bolsas debidamente rotuladas para luego ser llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

Segunda toma de muestra de suelo (TI₁): Se realizó a los tres meses iniciados la siembra de las especies, las cuales presentaban un ligero crecimiento. Al igual que la primera toma de muestra se extrajo la muestra de 15 cm de profundidad.

Tercera toma de muestra de suelo (TI₃): Se realizó a los cinco meses de haber iniciado la siembra, tomándose la muestra de cada una de las parcelas experimentales, ese momento las especies enterradas se encontraban descompuestas. La muestra fue llevada al laboratorio de la universidad.

Tabla 10

Descripción de las variables

Tiempo	Descripción	Variables estimadas
TI ₁	Inicio del experimento (febrero)	Físico - Químico: pH, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio. Biológica: Actividad microbiana
TI ₂	A los tres meses (mayo)	Físico - Químico: pH, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio Biológica: Actividad microbiana
TI ₃	A los cuatro meses (junio)	Físico - Químico: pH, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Potasio Biológica: Actividad microbiana

ii. Variables a medir

Análisis físico - químico (pH y Conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Potasio, Fósforo y nitrógeno)

Para los análisis físicos - químicos se tomó muestra en cada parcela de manera aleatoria. Para luego ser colocado en una bolsa plástica debidamente rotulada y se llevaron para el análisis respectivo al Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tabla 11

Método físico - químico

Parámetros	Método
pH	Método del potenciómetro (1:1)
Conductividad eléctrica	Conductímetro- Extracto acuoso 1:1
Materia orgánica	Método de Walkey y Black
Potasio	Método de acetato de amonio
Fósforo	Método de Olsen modificado
Nitrógeno	Micro Kjeldahl

iii. Métodos analíticos – Parámetros físico - químicos

Método del potenciómetro (relación suelo-agua 1:1):

Este método se usa un electrodo (Ag/AgCl) en una solución que no se ve afectada cuando hay un cambio en la concentración de los iones, el cual desarrolla un potencial eléctrico. Normalmente, una solución amortiguadora se usa con pH conocido para calibrar y comparar el pH (Fernández *et al.*, 2006).

El pH del suelo se mide en agua, ante ello es importante mantener una relación estale y bajo grado de dilución, siendo la relación de 1:5 o 1:1 aceptables (Mamani *et al.*, 2018).

Conductímetro (Extracto acuoso 1:1):

Este método se basa en la disociación electrolítica la cual consiste en la capacidad de transportar corriente eléctrica de una solución acuosa. El conductímetro funciona cuando los dos electrodos son ubicados a una

distancia fija y en un medio líquidos. Los electrodos son revestidos con platino negro o grafito; estos serán sellados dentro de una celda, de manera que el aparato se pueda ser sumergido en el líquido y proceder a medir. La temperatura estándar es de 25 °C para la resistencia eléctrica.

Método de Walkey y Black:

Este método se basa en la oxidación del carbono orgánico en un medio de dicromato de potasio (Diario Oficial de la Federación, 2001). Este último se mezcla con ácido sulfúrico concentrado lo cual genera calor. Este método permite detectar el hasta el 84% del carbono orgánico total, ante ello es necesario considerar la adición un factor de corrección, utilizando el factor propuesto por Van Bemmelen de 1.724 (Eyherabide et al., 2014).

Método de acetato de amonio: Determinar la capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del suelo.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2001) determinar la capacidad de intercambio catiónico se usa el acetato de amonio 1N, pH neutro, como solución saturante. En la cual consiste en la saturación de la superficie de intercambio con un catión índice con el ion amonio; posterior se lava el exceso del saturante con alcohol; desplazando al catión índice con el potasio para determinación el amonio mediante la destilación.

Micro Kjeldahl: Determinación de nitrógeno total

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2001), se determina el nitrógeno inorgánico extraíble es mediante el procedimiento micro-Kjeldahl. Este procedimiento se basa en la extracción del amonio intercambiable y su determinación por la técnica de destilación, y la adición de nitratos y nitritos.

La evaluación del nitrógeno se realizad para recomendar la cantidad requerida para la fertilización.

Análisis biológico – (Actividad microbiana)

Para determinar la actividad microbiana se realizó por medio de la respiración realizan los microorganismos, esta consta de la cuantificación del CO₂ producido por los microorganismos, mediante el método descrito por Anderson (1982).

Para la realización de esta prueba, se pesaron 25 g de suelo en una placa Petri. Al suelo usado de muestra se le adiciona 0.5 ml de una solución glucosada. Luego las muestras se colocaron en un envase de plástico con un vial de 3.5 ml de NaOH 1N inmediatamente selló, Después se pusieron a incubar a 28 °C por 24 h junto con el blanco.

Al término del periodo, se retiraron los viales de cada envase y el blanco hacia un matraz de 250 mL de capacidad. Luego se añadieron 3.5 mL de BaCl₂ y NaOH que no reaccionó fue titulado con HCl 0.25N en presencia de fenolftaleína. Se titula el NaOH no combinado hasta que cambie de color de rosa a blanco. Se repite para cada muestra.

$$\text{gastos HCl blanco (ml)} - \text{gastos HCl blanco (ml)} = \text{Vol. NaOH convertido en Na}_2\text{CO}_3\text{(ml)}$$

$$\text{Vol. NaOH convertido en Na}_2\text{CO}_3\text{(ml)} \times N \text{ HCl} \times 22 = \text{CO}_2\text{(mg)}$$

Donde N: Normalidad

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al iniciar la investigación se tomó una muestra del suelo, con el objetivo de conocer la situación de ese momento del suelo antes de la aplicación de los tratamientos.

Los resultados de los parámetros físicos - químicos y biológicos de la primera muestra se pueden ver en la Tabla 12.

Tabla 12

Resultado de la toma de muestra del suelo inicial

Toma de muestra	Químico						Biológico
	pH	CE (dS/cm)	M.O (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CO ₂ (mg/g*h)
Tl ₀	6.10	0.21	4.18	0.19	5.69	274.88	0.086

Analizando los resultados de la tabla 12 se puede interpretar que el suelo es ligeramente ácido al tener un pH de 6.41, así también, por la baja conductividad eléctrica es bajo en sales. Respecto a la materia orgánica se tiene un porcentaje medio (4.18%), mientras el resultado en nitrógeno tiene una categoría de rico por tener un valor de 0.19%; el fósforo mostró un nivel bajo (5.69 ppm) o deficiente y con potasio se muestra con un rango alto (274.88 ppm).

Análisis de resultados de los tratamientos

De las siguientes tomas de muestras los resultados se muestran en el anexo N°1, mientras en las Tablas 13, 14 y 15 se obtiene el promedio por bloque de cada tratamiento con su respectivo parámetro químico y biológico.

Los resultados se evaluaron estadísticamente según sus tiempos de muestreo Tl₁ y Tl₂, en la Tabla 13 y 1 se observan el p valor (valor Pearson)

Tabla 13

Evaluación ANOVA de los tratamientos en la toma de muestra Tl₁

Tabla de P-valor de los tratamientos							
Toma de muestra	Químico						Biológico
	pH	CE	MO	N	P	K	CO ₂
Tl ₁	0.268	0.805	0.186	0.165	0.773	0.739	0.00

En la tabla 13 se puede visualizar que en la segunda toma de muestra que el parámetro biológico de la actividad microbiana (CO₂) mostró P-valor de 0.00 indicando que los tratamientos tuvieron diferencia significativa entre ellos, mientras los otros parámetros no se identificó diferencia significativa entre los tratamientos. En el anexo 2 se puede observar las Tablas estadísticas de las se obtuvo los P-valor de los tratamientos.

Tabla 14

Resultado promedio de toma de muestra del Suelo en T₁ - Parámetro físico - químico (pH, CE y Materia orgánica)

Tratamientos	Análisis de Suelo T ₁ - Parámetros químicos		
	pH	CE (dS/cm)	MO (%)
T1	6.37	0.06	2.63
T2	6.38	0.20	2.43
T3	6.44	0.06	3.41
Control	6.25	0.06	3.41

En anexo N°1 se puede observar todos los valores de pH, siendo el valor más bajo (6.07) el cual se presentó con el control mientras el más alto (6.55) con el T3 (*Trifolium pratense* y *Lolium multiflorum* L).

En la Tabla 14, se tiene el pH promedio de los tratamientos (T1=6.37, T2=6.38 y T3=6.44) siendo un pH óptimo entre 5.6 a 7 para el desarrollo de las gramíneas (*Lolium multiflorum* L) y leguminosa (*Trifolium pratense*) según León *et al.* (2018). Mientras el tratamiento control presentó los valores más bajos de pH, siendo su valor promedio de 6.25; el suelo del tratamiento control se encuentra en descubierto o desnudo provocando una disminución del pH debido a la erosión del suelo.

En la Tabla 13 se observa que la conductividad eléctrica en la cual entre los tratamientos no hay diferencia significativa, de igual forma con el control. Tanto los tratamientos y el control sus resultados promedio de CE (T1=0.06, T2=0.20, T3=0.06 y Control=0.06), promedios que se observan en la tabla 14, los resultados de los tratamientos han disminuido a comparación con la primera

toma de muestra del suelo (0.21) el cual se observa en la tabla 12. Esta disminución de la CE en los dos meses que se sembró los tratamientos se tuvo un riego como parte del mantenimiento habiendo una disminución de las sales en suelo y como lo menciona Soto (2018) que la CE cambia con el contenido de la humedad.

Los resultados de la materia orgánica se tienen en la Tabla 13, mostrando que los tratamientos no muestran diferencia significativa y tampoco con el control. En el anexo N°1, el valor más bajo de MO (1.75%) el cual se obtuvo con los T1 y T2 y el mayor (4.09%) fue con el T3. En la toma de muestra (T₁) los resultados han disminuido, tanto el de los tratamientos y el control, comparado con la muestra inicial (T₀). Según Galantini (2007) la MO se encuentra en continuo cambio debido a la descomposición de la misma materia, por ello que el contenido MO es una herramienta de poco uso de diagnóstico de fertilidad. Es preciso indicar que, durante los dos meses, que duró el sembrío de los tratamientos no se adicionó ningún tipo de abono.

Tabla 15

Resultado promedio de toma de muestra del Suelo en T₁ -Parámetro físico-químico (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)

Tratamientos	Análisis de Suelo T ₁ - Parámetros químicos		
	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
T1	0.13	14.29	271.38
T2	0.12	9.47	254.39
T3	0.17	11.60	318.03
Control	0.17	9.50	287.37

Según la tabla 15, el parámetro Nitrógeno no hay diferencia significativa entre los tratamientos tampoco hay diferencia significativa con el control (Tabla 13). Los resultados Tl_1 con el Tl_0 el nitrógeno se ha mantenido en el tiempo.

Los resultados del fósforo en Tl_1 , los tratamientos y control no presentaron diferencia significativa, sin embargo, se puede evidenciar que comparado con Tl_0 se produjo un incremento en todas las parcelas tanto en el control como en las que se colocó el tratamiento, es se pudo deber a la erosión del suelo por el constante riego logrando que el suelo se muestre más cercano al horizonte BC, ocasionado que el contenido P se incremente, este resultado coincide lo indicado por Inostroza (2016)

La tabla 15 muestra los resultados de Potasio tanto en los tratamientos y en control, muestran que el Potasio tiene un valor alto no habiendo un cambio significativo con la muestra Tl_0 . El potasio está relacionado con la mineralogía de la arcilla y los factores térmicos que producen la apertura de los minerales micáceos, el cual favorece a la liberación del K en el suelo (Conti, 2000), el suelo donde se desarrolló el experimento tiene predominancia de arcilla, que el mineralizarse genera un incremento de K al suelo.

Tabla 16

Resultado promedio de la toma de muestra del Suelo en Tl₁ -

Parámetro biológico

Tratamientos	Análisis de Suelo Tl ₁ - Parámetros biológicos	
	CO ₂ (mg/g*h)	
T1	0.106	
T2	0.088	
T3	0.090	
Control	0.007	

Tabla 17

Test de Tukey del CO₂

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
Control	3	,00667	
T2	3		,08767
T3	3		,09000
T1	3		,10633

En las tablas 13 y 17, se observan que hay una diferencia significativa entre los tratamientos y el control. Siendo el control el cual presentó el promedio de menor valor de CO₂ (0.007 mg/g*h). También el resultado promedio del control mostró una disminución comparada Tl₀ donde se indicaba CO₂ (0.086 mg/g*h) mientras los tratamientos presentaron un incremento de actividad microbiana CO₂ (T₁=0.106 mg/g*h, T₂=0.088 mg/g*h y T₃=0.90 mg/g*h) como se puede ver en la tabla 16, puesto que los tratamientos consistieron en ser coberturas que

permitieron una retención del agua, logrando una humedad favorezca al desarrollo de microorganismo.

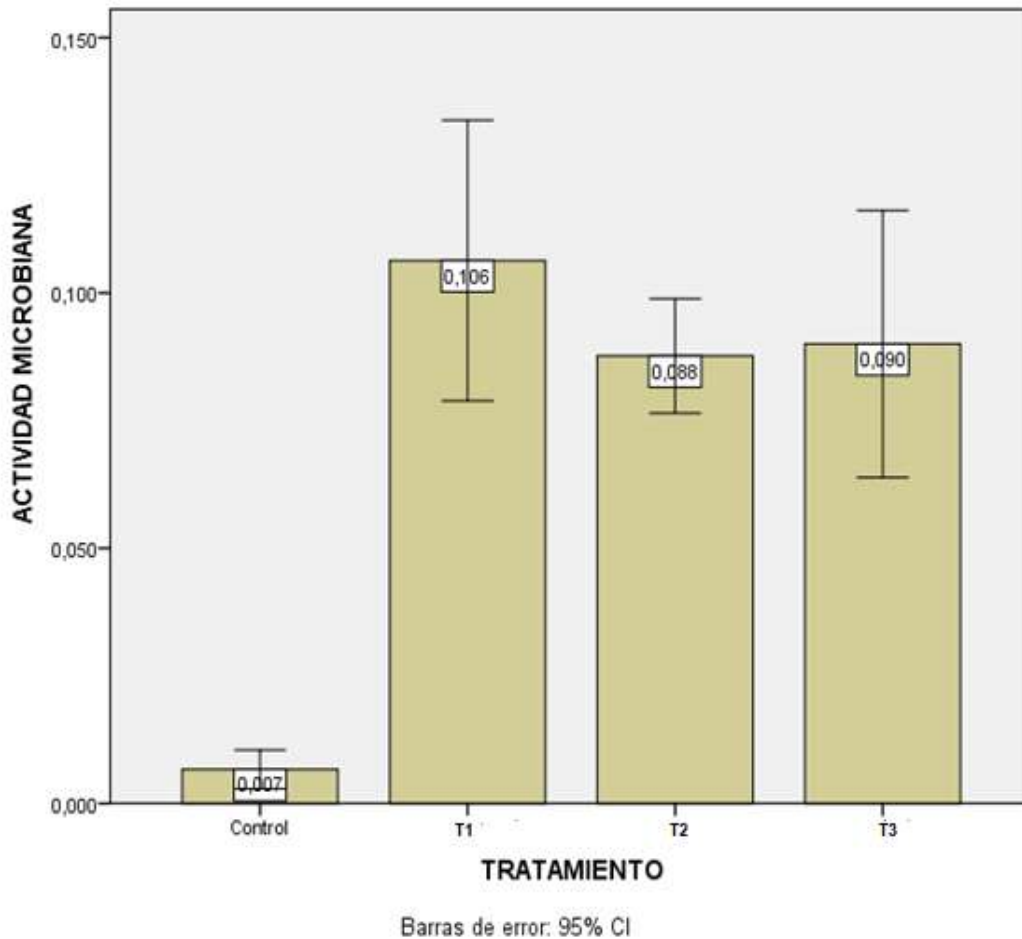
Análisis de evaluación estadística TI₁

Como se había indicado en la metodología la actividad microbiana se evaluó con la respiración microbiana puesto que esta representa una actividad metabólica de los microorganismos que mora en determinado hábitat y que van a variar en función de los factores biofísicos, climáticos y de uso del suelo (Ramos y Zuñiga, 2008)

En el TI₁ se observó que el parámetro que mostró un cambio significativo fue la actividad microbiana - respiración microbiana (CO₂), en la Tabla 17 se observó la formación de dos subgrupos, en donde los tratamientos ejercen efecto significativo en comparación a la muestra control, aunque no hay diferencia entre estos tratamientos.

Figura 4

Media de los tratamientos del Parámetro biológico – Actividad microbiana



Como se indicó en la metodología, la muestra control consistió en dejar al suelo abandonado; sin embargo, en el tiempo puede aparecer alguna especie vegetativa propia de la zona. Mientras que los tratamientos consistieron en la siembra de las especies *Trifolium pratense*, *Lolium multiflorum* y la asociación de las dos especies en mención.

Los resultados mostraron que el control presentó como respiración microbiana promedio 0.15 mg/g*h CO₂ (T0=0.153), mientras los tratamientos presentan un promedio de 2.26 mg/g*h CO₂ (T1=2.100; T2=2.163 y T3=2.543) mostrando una

diferencia significativa entre los tratamientos y el control. El incremento en la actividad biológica con los tratamientos estaría dado por la humedad del suelo y la temperatura. Al tener una especie vegetativa como cobertura protectora al suelo evita las variaciones bruscas de secado y mantiene el humedecimiento, siendo condiciones que afectarían de forma favorable al componente biológico. Estos resultados son consistentes con el resultado que obtuvieron Ramos y Zuñiga (2008), quienes señalan que el incremento de la actividad microbiana ocurre cuando hay una mayor humedad y cuando el pH está cercano a la neutralidad y concluyeron que la actividad microbiana se incrementa en la etapa de floración. Por otro lado, según Frioni (1999) (citado por Ramos y Zuñiga, 2008) la actividad microbiana se ve incrementada desde la germinación, logrando la máxima estimulación en las etapas de floración. Esto coincide con el momento que se tomó muestra al suelo (T₁) puesto que las especies ya estaban en la etapa cercana a la a floración.

La siguiente toma de muestra se realizó cuando los tratamientos fueron enterrados en el suelo y con un tiempo de descomposición. Los resultados que se obtuvieron de las muestras pueden observarse en el anexo N° 1 de forma más detallada, mientras las tablas 16, 17 y 18 se tiene promedio por cada tratamiento con sus respectivos parámetros químico (pH, CE, MO, N, P y K) y biológico (CO₂)

Análisis de evaluación estadística Tl₂

Tabla 18

Evaluación ANOVA de los tratamientos en la toma de muestra Tl₂

Tabla de P-valor de los tratamientos							
Toma de muestra	Químico						Biológico
	pH	CE	MO	N	P	K	CO ₂
Tl ₂	0.002	0.520	0.172	0.223	0.65	0.585	0.855

En la tabla 18 se puede visualizar que, en la tercera toma de muestra (Tl₂), el parámetro químico pH mostró P-valor de 0.002 indicando que los tratamientos tuvieron diferencia significativa entre ellos, mientras los otros parámetros no presentaron diferencia entre los tratamientos. En el anexo 3 se puede observar las Tablas estadísticas de las que se obtuvo los P-valor de los tratamientos.

Tabla 19

Resultado promedio de análisis de Suelo Tl₂ - Parámetro físico - químico (pH, CE y MO)

Tratamientos	Análisis de Suelo Tl ₂ - Parámetro químico		
	pH	CE (dS/cm)	MO (%)
T1	6.44	0.23	2.69
T2	6.44	0.24	2.24
T3	6.30	0.16	2.79
Control	6.14	0.18	2.09

En la tabla 19 se tiene el promedio de los resultados de los parámetros pH, CE y MO estos resultados se obtuvieron según los datos que se pueden evidenciar en el anexo N°1.

Como se indicó el parámetro pH mostró que los tratamientos difiere con el control, y es en la tabla 20 donde se muestra la formación de dos subgrupos del control y los tratamientos (T1, T2 y T3)

Tabla 20

Test de Tukey de pH

Tratamiento	N	1	2
Control	3	6,1367	
T3	3		6,3000
T1	3		6,4367
T2	3		6,4433
Sig.		,072	,120

La diferencia significativa entre tratamientos y el control en el valor de pH se debe muy probablemente que los suelos que tuvieron tratamiento y en esta etapa la cobertura sembrada pasó a ser enterrada (aplicación de abono verde) produciendo que estos suelos tengan una mayor capacidad retentiva de humedad, en contraste con el control. Asimismo, la descomposición de materia con un alto contenido de nitrógeno provoca un incremento del pH del suelo, el cual favorecería al desarrollo de bacterias (Ramos y Zuñiga. 2008)

Para el cuarto mes, el pH de la parcela control tuvo un promedio de 6.14, mientras las parcelas con los tratamientos de *Trifolium pratense* (T1) y *Lolium multiflorum* L (T2) tuvieron un pH promedio de 6.44, mientras el tratamiento con la asociación de las especies tuvo un pH de 6.30. Este resultado es similar al que obtuvo Abendaño (2008) que utilizó como abono verde a la *Mucuna* sp, teniendo como resultado que la parcela testigo presentó un pH promedio de 3.63

mientras en donde se aplicó el tratamiento de la *Mucuna* sp el pH promedio fue de 3.74, mostrando que la parcela que tiene tratamiento con abono verde incrementa el pH.

La conductividad eléctrica y la materia orgánica en la tercera toma de muestra (Tl₂) no hay diferencia significativa entre los tratamientos como se puede ver la tabla 19

Tabla 21

Resultado promedio de toma de muestra del Suelo en Tl₂ -Parámetro físico - químico (Nitrógeno, fósforo y potasio)

Tratamientos	Análisis de Suelo Tl ₂ - Parámetro químico		
	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
T1	0.12	10.14	212.41
T2	0.10	10.90	171.09
T3	0.13	18.20	177.42
Control	0.09	15.73	214.57

En la tabla 21 se puede observar que el N, P y K que no hay diferencias relevante entre los tratamientos. En la tabla 21, el nitrógeno del control fue el de menor valor (0.09%), el fosforo el de menor valor promedio fue el T1 con 10.14 ppm y el potasio el que presento el menor valor promedio 171.09 ppm proveniente del T2.

Tabla 22

Resultado promedio de toma de muestra del Suelo en T12 - Parámetro biológico

Tratamientos	Análisis de Suelo T12 - Parámetros biológicos	
	CO ₂ (mg/g*h)	
T1	0.264	
T2	0.283	
T3	0.248	
Control	0.206	

En la tabla 22 no hay diferencia significativa entre los tratamientos y el control, a pesar que los suelos con tratamiento se les ha incorporado la misma especie sembrada. Se puede indicar que el control es el que ha presentado el menor resultado promedio (0.206 mg/g*h) mientras los tratamientos presentaron un valor ligeramente mayor y esto puede deberse a que la descomposición de las especies incorporadas generó el aumento de microorganismos por ello la actividad microbiana (Ramos y Zuñiga. 2008).

Análisis de evaluación estadística de los otros parámetros TI₀, TI₁ y TI₂

Tabla 23

Evaluación ANOVA de interacción bifactorial

Tabla de P-valor							
Interacción	Químico					Biológico	
	pH	CE	MO	K	P	N	CO ₂
Tratamiento	0.001	0.564	0.118	0.531	0.773	0.120	0.850
Tiempo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000

Nota. Fuente: Propia (2021)

En la Tabla 23 se puede observar el análisis estadístico de los resultados promedios en las tres tomas de muestra, siendo el pH el que mostró diferencia significativa en el tiempo

Tabla 24

Resultado promedio del pH según los tratamientos

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
Control	9	6,1622	
Tratamiento 3	9		6,2800
Tratamiento 1	9		6,3033
Tratamiento 2	9		6,3067
Sig.		1,000	,871

En la tabla 24 se puede evidenciar que hay diferencia entre el control y los tratamientos, siendo el control quien presento un pH promedio en el tiempo de 6.16 mientras los tratamientos tuvieron como resultado T1= 6.30, T2= 6.31 y T3=

6.28. El T2 (*Lolium multiflorum* L) el que presentó el pH más cercano a la neutralidad, esto se puede deber a que este tratamiento fue el que presentó una mayor masa vegetativa pues solo se sembró *Lolium multiflorum* L, siendo esta misma la que se enterró dando mayor retención de humedad en la época de crecimiento y mayor material de descomposición favoreciendo al suelo. Como lo indica Ramos y Zuñiga (2008) que la humedad y descomposición de la materia orgánica favorece al crecimiento bacteriano y por ello al suelo.

Mientras el control solo se benefició del riego moderado y como lo indica Cañada (2008) los suelos que son abandonados sufren un aumento de la acidez

Mientras en la Figura 5, se puede observar como el pH ha tenido un comportamiento en los tiempos que se tomó la muestra de suelo.

Figura 5

Mediana del pH de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra

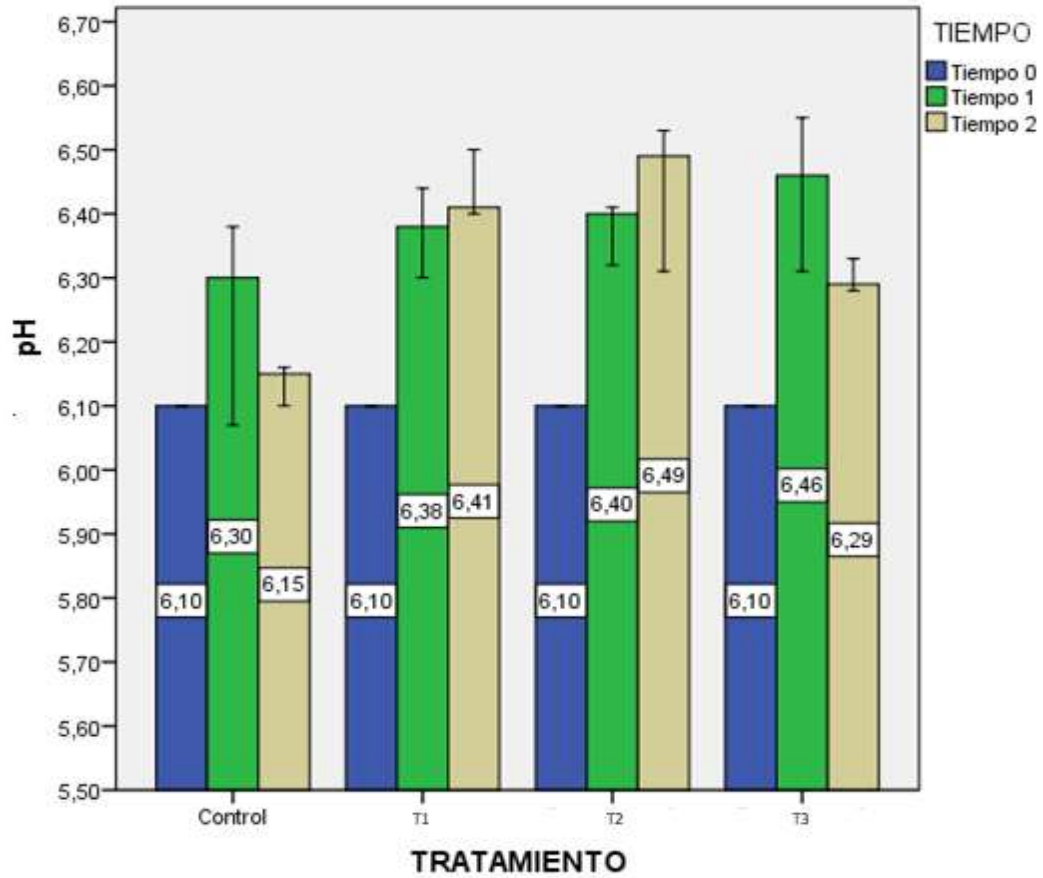


Tabla 25

Resultado promedio del pH en el tiempo

<i>TIEMPO</i>	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 0	12	6,1000	
Tiempo 2	12		6,3292
Tiempo 1	12		6,3600
Sig.		1,000	,575

En la tabla 25 muestra que hay diferencia significativa entre la toma de muestra Inicial (TI₀) con las tomas de muestras TI₁ y TI₂. Siendo que la tomas de muestra TI₁ y TI₂ sus resultados estuvieron más cercanos al pH neutro (7), esto se debe que la TI₁ y TI₂ ya se tenía aplicando los tratamientos en la mayoría de las parcelas y a su vez indicar que durante la etapa experimental, se instalaron dos aspersores con el fin de poder regar a las especies sembradas (los tratamientos), este riego también benefició a todo el campo experimental incluido la parcela control. El riego tuvo una mayor incidencia en la época cuando las especies usadas en los tratamientos estaban creciendo y disminuyó cuando las especies fueron enterradas, demostrando que la humedad y el desarrollo de las plantas y el proceso de descomposición en el suelo permitieron un alto intercambio catiónico, tal como lo menciona Abendaño (2002).

Como se indicó anteriormente los suelos abandonados sufren un aumento de la acidez, y en la muestra TI₀, el suelo se encontraba en descanso o abandono sin tratamiento.

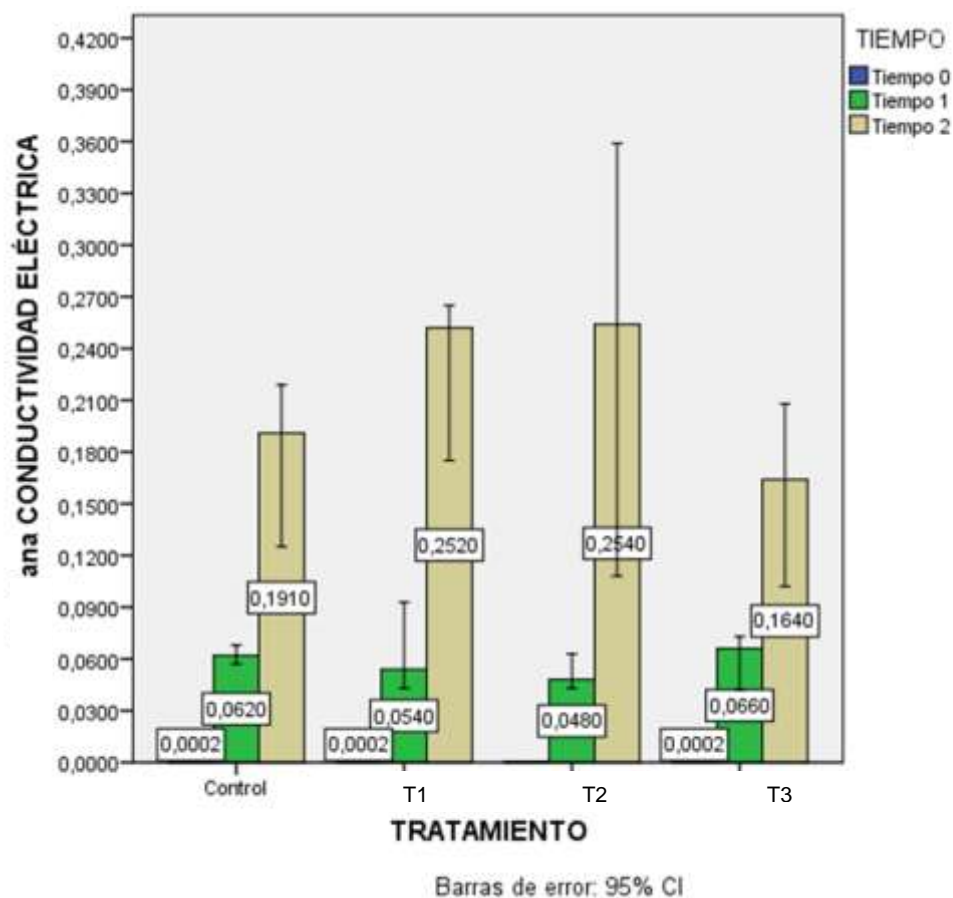
Tabla 26

Resultado promedio del CE en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 0	12	,000200		
Tiempo 1	12		,059333	
Tiempo 2	12			,201833
Sig.		1,000	1,000	1,000

Figura 6

Mediana de la CE de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra



En la Tabla 26 se observa que la conductividad varia en los diferentes tiempos que se tomó la muestra, pero no hay diferencia significativa entre los tratamientos en los diferentes tiempos, siendo en la tercera toma de muestra donde la conductividad eléctrica tuvo el mayor incremento esto se debe durante el tiempo de la descomposición de las especies no hubo riego, mientras que en la segunda toma de muestra la conductividad eléctrica fue menor el incremento y esto se vio influenciado por el riego, el cual permite el arrastre de las sales solubles a horizontes más profundos (Casas, 2012).

Tabla 27

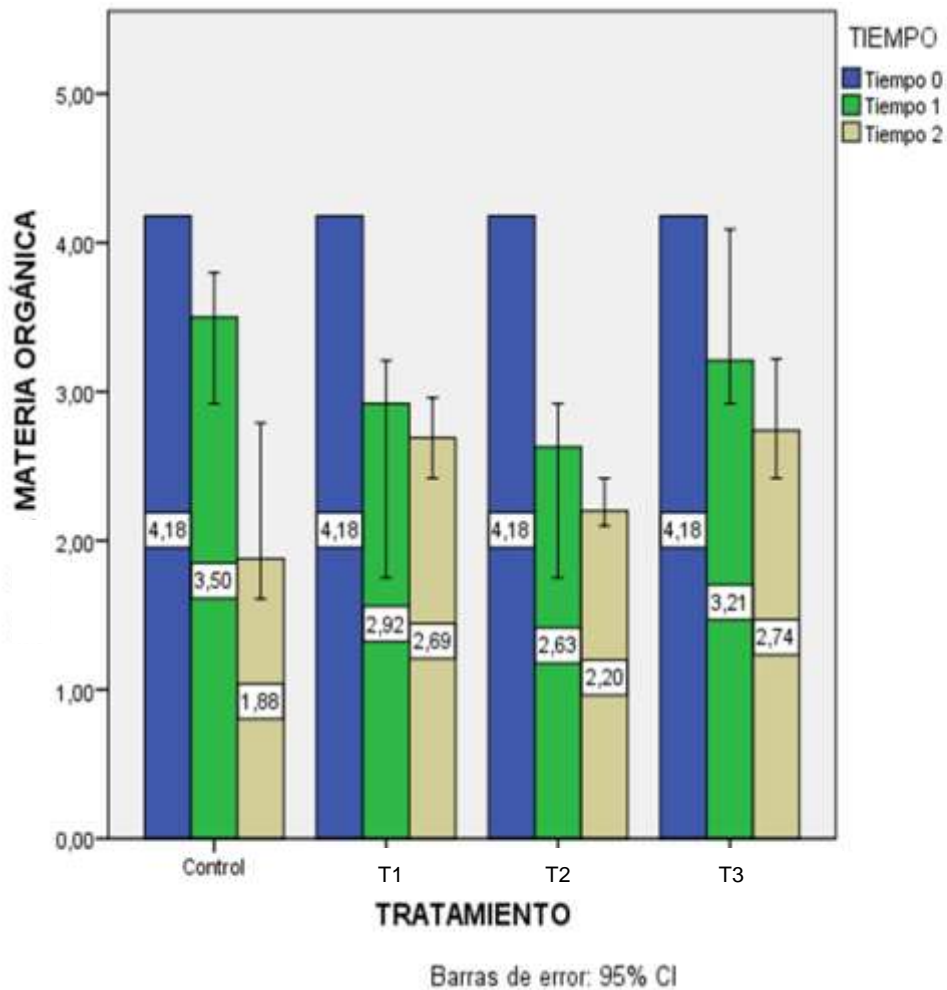
Resultado promedio del MO en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 2	12	2,4542		
Tiempo 1	12		2,9683	
Tiempo 0	12			4,1800
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la Figura 7 Media de la materia orgánica de los tratamientos en función del tiempo.

Figura 7

Media de la MO de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra



En la Tabla 27 se observa que inicialmente la muestra de suelo tiene un valor de 4.18 (%) de materia orgánica, la cual decrece durante el tiempo para todos los tratamientos, siendo el control que presentó el menor valor de mediana en MO (1.88 %). En la primera muestra de suelo se tiene un porcentaje alto según Instituto Nacional Tecnológico (2016) y en las subsiguientes muestras se ve la disminución siendo en las parcelas control en donde se identificó el menor porcentaje de MO, también se observa que los tratamientos presentaron una

disminución en la materia orgánica, siendo el control el que presentó la mayor disminución.

Por otro lado, la evolución de la materia orgánica depende de numerosos factores como entre ellos la composición de residuos, humedad, aireación, temperatura, presencia de nutrientes minerales y reacción del suelo y salinidad (Casas, 2012). Los resultados del porcentaje de la materia orgánica tienen relación con la humedad, puesto que mientras los tratamientos estaban en desarrollo hubo un riego y un aumento de los microorganismos que se muestra en la Tabla 18 Actividad microbiana. Como Ramos y Zuñiga (2008) que la actividad microbiana mejora significativamente con el incremento de la humedad.

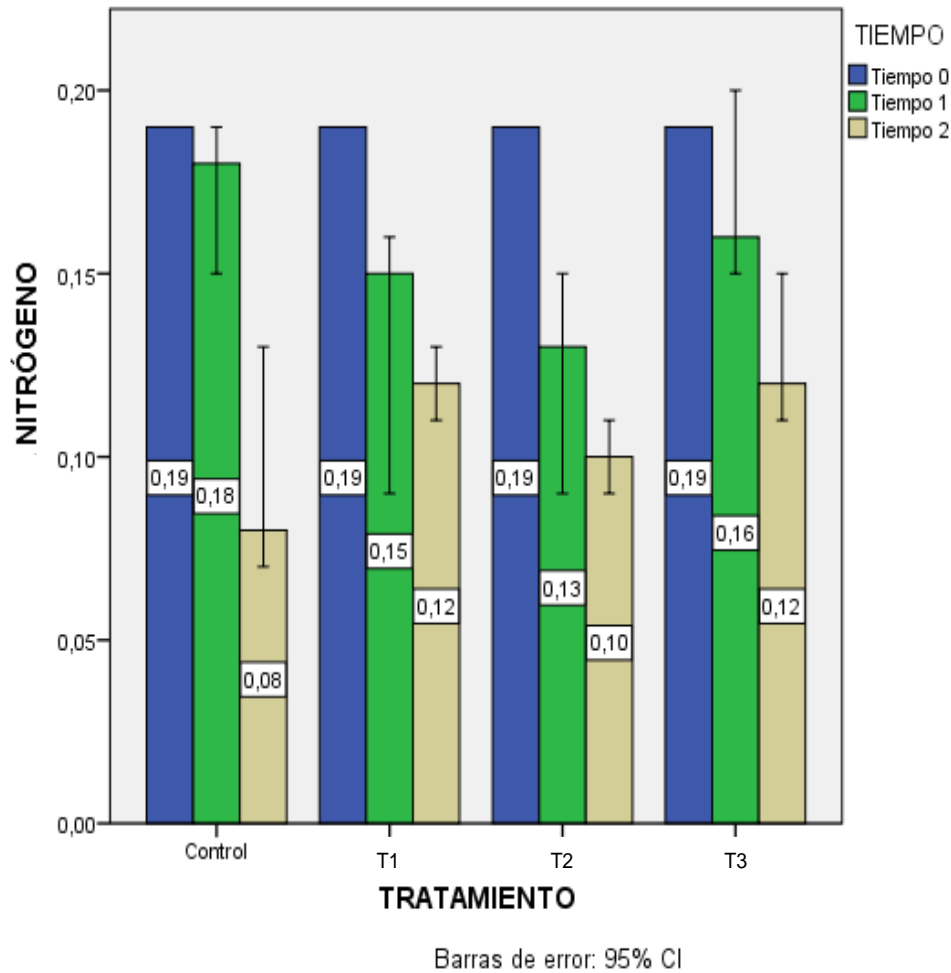
Tabla 28

Resultado promedio del N en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 2	12	,1100		
Tiempo 1	12		,1500	
Tiempo 0	12			,1900
Sig.		1,000	1,000	1,000

Figura 8

Mediana del N de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra



La Tabla 28 se detalla que hay diferencia en los tiempos de toma de muestra. En la Figura 8 se muestra una disminución del porcentaje de Nitrógeno en el tiempo, siendo en la última el control quien presentó la mediana del N con menor porcentaje (0.08%), esto se debe a que estas parcelas control no presentaban poco o casi nula presencia vegetal y no tuvo incorporación alguna (abono verde) por la cual tampoco hubo descomposición y como señala Cobo (1998) la

liberación de N está asociado a la materia orgánica y a tiempo al descomposición.

La última toma de muestras T12, los tratamientos en donde se usó al *Trifolium pratense* (T1 y T3) la mediana del nitrógeno fue 0.12%. Las leguminosas son especies que permiten una simbiosis con especies como *Rhizobium* spp que fijan nitrógeno (Julio Sanjuán, 2001) y son especies de rápida descomposición a comparación de la gramínea (T2) pues al tener una mayor cobertura vegetal su descomposición puede tomar un mayor tiempo. Como lo menciona Cobo (1998) es importante conocer qué especie ofrece un mayor potencial como enmienda y el grado de descomposición con el objetivo de dar la mejor opción para el agricultor.

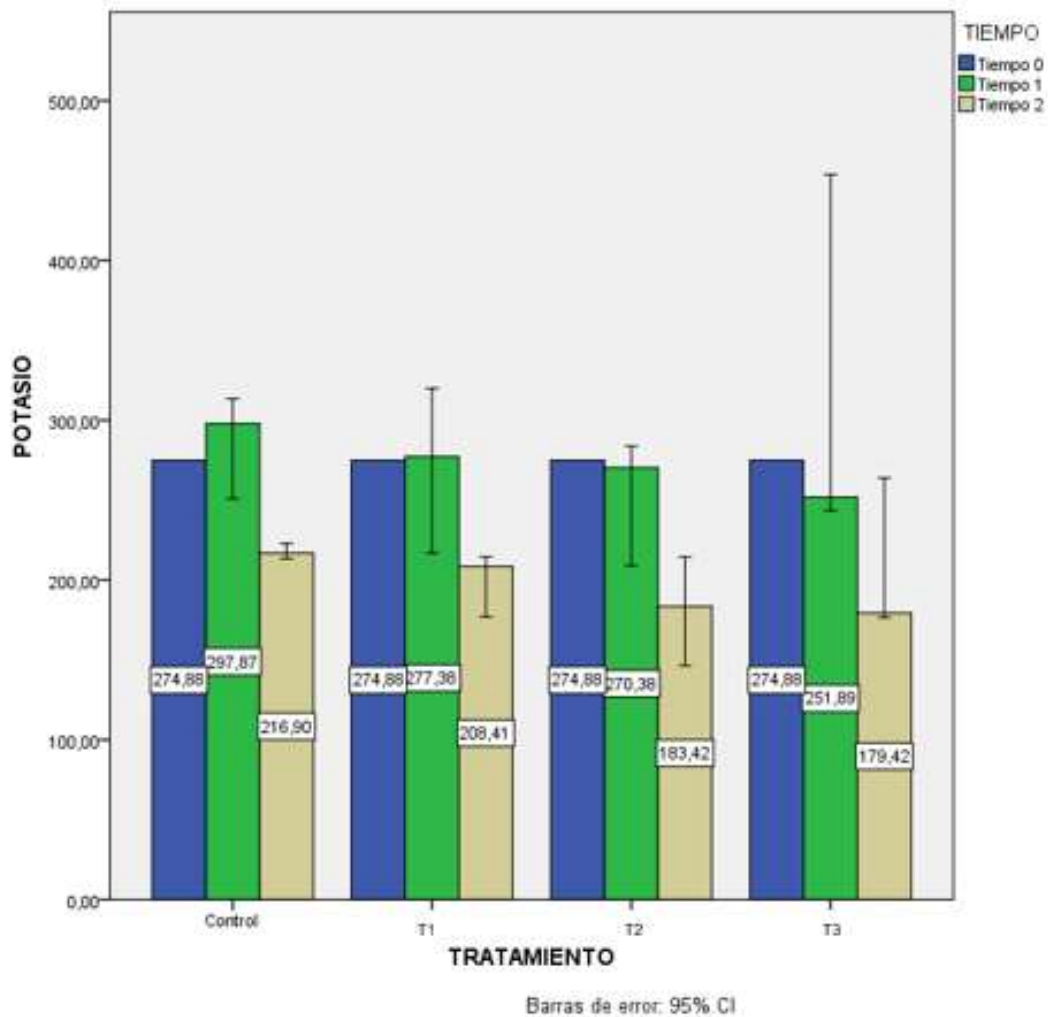
Tabla 29

Resultado promedio del K en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 2	12	201,4117	
Tiempo 0	12		274,8800
Tiempo 1	12		282,3758
Sig.		1,000	,910

Figura 9

Mediana del K de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra



En el tiempo la media de potasio varió, pero los resultados entre tratamientos no tuvieron diferencia significativa, en la Figura 9 se observa que la mediana del potasio de los tratamientos, en dicha gráfica se observa que el potasio ha disminuido en el tiempo.

El suelo de la parcela experimental posee una alta cantidad de potasio (T₀=274.88) y la cantidad de potasio se encuentra asociado con silicatos, en feldespatos, en micas y en los minerales arcillosos (Becker, 2008). También en

el resultado de la primera muestra hay predominancia de arcilla siendo esta la vía de ingreso natural del potasio como lo indica Abendaño (2008).

La disminución del potasio se observa en el resultado de la tercera toma de muestra cuando todas las parcelas de los diferentes tratamientos se encuentran expuestos, ante ello se puede indicar que la variación del potasio se vio influenciada por la erosión del suelo que pudo ser hídrica o eólica, cabe indicar que toda la parcela presenta una pendiente.

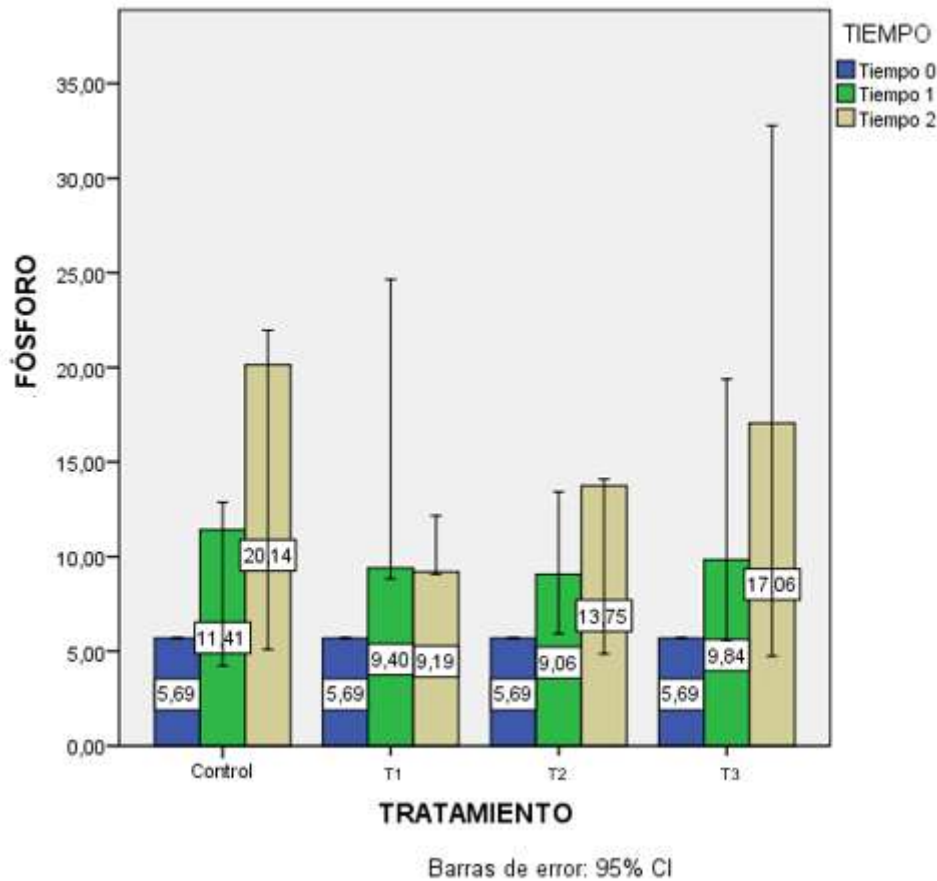
Tabla 30

Resultado promedio del P en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 0	12	5,6900	
Tiempo 1	12	11,2167	11,2167
Tiempo 2	12		13,7425
Sig.		,103	,597

Figura 10

Mediana del P de los tratamientos en función al tiempo de la toma de muestra



Como se puede ver en la Figura 10 el fósforo en la toma de muestra inicial en el suelo es bajo (5.09 ppm) y en las posteriores tomas de muestras hay un incremento en fósforo en los tratamientos a excepción de T1 en la tercera toma de muestra (T13), también no hay diferencia significativa entre los tratamientos en los diferentes tiempos.

Según Pacho (2021), el fósforo aumenta debido a la cobertura con leguminosas, en esta investigación el tratamiento que presentó una mayor cobertura vegetal fue T3, el cual presentó la media de fósforo más alta (18.20 ppm) en la tercera toma de muestra, cabe indicar que uno de los beneficios de los abonos verdes

es extraer los nutrientes del interior del suelo y llevarlo a la superficie para la absorción de nutrientes para los próximos cultivos.

Tabla 31

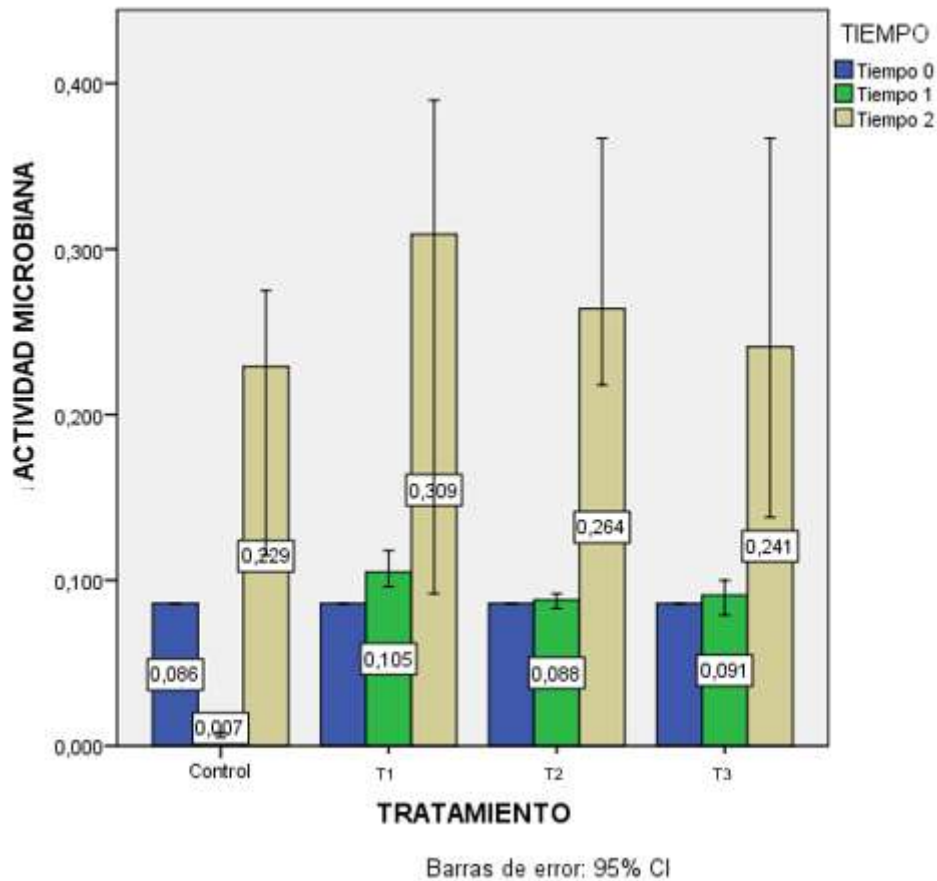
Resultado promedio del CO2 en el tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 1	12	,07267	
Tiempo 0	12	,08600	
Tiempo 2	12		,25042
Sig.		,869	1,000

En la Figura 11 se muestra la mediana de la Actividad microbiana de los tratamientos en función del tiempo.

Figura 11

Mediana de la Actividad Microbiana de los tratamientos en función del tiempo de la toma de muestra



La actividad microbiana se evaluó mediante la respiración microbiana. La Figura 11 se muestra la media de CO₂ (mg/g*h), se observa que la respiración microbiana se vio afectada en el tiempo, mostrando una diferencia significativa entre los resultados obtenidos en el T₂ con los T₁ y T₀. Siendo los resultados más favorables, los obtenidos en las parcelas con los tratamientos, sean de leguminosa o gramínea, este resultado fue similar al de Múgica (2011) el cual utilizó *Lolium multiflorum* y Beltran (2006) con *Lablab purpurens L* como abono verde en ambas investigaciones se incrementó la actividad microbiana. Si bien en el T₂ entre tratamientos no hay diferencia significativa entre ellas, siendo el

T₂ con *Lolium multiflorum* el que presentó el mayor resultado, esta especie se caracteriza por poseer un sistema radicular ramificado y denso teniendo una mayor materia orgánica para descomponer a diferencia del T1 con *Trifolium pratense* que su desarrollo fue pobre y tuvo una menor densidad de materia orgánica para la descomposición.

Según Ramos y Zuñiga (2008) indicaron que el pH afecta a la actividad microbiana del suelo, aumentando la actividad de la deshidrogenasa cuando se acercaba a la neutralidad, siendo el pH más cercano a la neutralidad con los tratamientos T1 y T2 (pH=6.44) como lo muestra la figura 11 mientras con T3 el pH fue menor (6.30).

IX. CONCLUSIONES

- La incorporación del *Trifolium pratense* L. y *Lolium multiflorum* L. en el suelo tiene un efecto significativo en el parámetro físico - químico de pH mientras que con el parámetro biológico no se encontró efecto significativo.
- La implementación de los tratamientos *Trifolium pratense*, *Lolium multiflorum* L. y asociación *Trifolium pratense* – *Lolium multiflorum* L., tiene un efecto positivo en los parámetros físico - químicos y en los resultados en función del tiempo, para mitigar la erosión del suelo y pueda continuar siendo usado para fines agrícolas.
- El parámetro físico - químico de pH mostró resultados diferentes en el tiempo y entre los tratamientos. Siendo en la tercera toma de muestra, que el control presentó el menor pH (6.15), mientras los tratamientos obtuvieron un pH de T1 = 6.41, T2 = 6.49 y T3 = 6.29, mostrando que la

implementación de tratamientos permite que pH se mantenga en el tiempo.

- La conductividad eléctrica presentó cambios significativos en el tiempo de la toma de muestra ($Tl_0=0.0002$ dS/cm, $Tl_1=0.5933$ dS/cm y $Tl_2=0.2018$ dS/cm). Sin embargo, no hubo diferencia entre los tratamientos y el control en cada toma de muestra que se realizó durante todo el tiempo que duró el experimento.
- La materia orgánica presentó cambios significativos en el tiempo de la toma de muestra ($Tl_0=2,454\%$, $Tl_1=2.968\%$ y $Tl_2=4.180\%$) pero entre los tratamientos no hay diferencia significativa cada vez que se tomó la muestra en el tiempo.
- El nitrógeno cambió significativamente en el tiempo de la toma de muestra ($Tl_0=0.110\%$, $Tl_1=0.150\%$ y $Tl_2=0.190\%$) pero entre los tratamientos no hay diferencia significativa cada vez que se tomó la muestra en el tiempo.
- El potasio mostró diferencias entre el tiempo Tl_2 (201.411 ppm) y los tiempos Tl_0 y Tl_1 (274.880 ppm y 282.376 ppm respectivamente), lo cual se debió a la erosión del suelo puesto que en la Tl_2 el suelo se encontraba al descubierto y el riego que se realizaba con el fin de ayudar a la descomposición, generó erosión del suelo.
- El fósforo mostró diferencia entre el tiempo Tl_0 (5.690 ppm) y el tiempo Tl_2 (13.743 ppm) mientras el Tl_1 (11.217 ppm) no tuvo diferencia entre Tl_0 y Tl_2 , evidenciando un incremento del P se da cuando se implementaron los tratamientos por lo tanto los tratamientos favorecen al suelo, aunque entre los tratamientos no hubo diferencia cada vez que se tomó la muestra.

- El parámetro biológico mostró diferencia significativa en los tiempos, siendo los TI_0 (0.860 mg/g*h) y TI_1 (0.727 mg/g*h) diferentes con el TI_2 (0.250 mg/g*h). Por tanto, cuando los tratamientos son enterrados como abono verde hay un incremento de actividad microbiana del suelo

X. RECOMENDACIONES

- Seleccionar una parcela experimental que no presente pendiente, puesto que los cambios de clima provocan la erosión del suelo y esto altera el resultado cuando se toma la muestra del suelo cuando están en diferentes niveles.
- El componente del agua para riego es muy importante por ello cuando se seleccione una parcela experimental tener acceso a este componente en todo momento, para un óptimo desarrollo de las especies que se usarán como abono verde.
- La investigación debería tener un mayor tiempo de evaluación, ya que los parámetros físico - químicos y biológicos del suelo se varían y son afectados por diversos factores externos.
- Seleccionar una parcela experimental que sea de fácil acceso, para llevar los materiales, dar seguimiento y poder llevar a un personal que ayude en las labores de remoción del suelo.
- Identificar las especies nativas que se desarrollan con mayor facilidad en la zona experimental, para que sean utilizadas como abono verde.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abendaño, B. (2008). *Establecimiento de Mucuma (Mucuna sp) como abono verde para recuperación de un suelo degradado en Tingo María* (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria de la Selva. Tingo María - Perú.
- Alarcón, Z. (2007). Producción de forraje verde para ganado bovino en invierno. Reporte de resultados primer año. *Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México*. Universidad Autónoma de Chapingo México - Mexico.
- Alaluna, E. (2019). Muestreo-Interpretación y Análisis de suelos [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Barrera E. (2015). *Evaluación del frijol lupinus (Lupinus mutabilis) como abono verde para la producción agroecológica en el Municipio de Subachoque-Cundinamarca*. (Tesis de pregrado), Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá - Colombia.
- Bazán, R. (2017). *Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego*. Instituto nacional de innovación agraria INIA-Perú.
- Beltran F. (2006). *Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (Lablab purpurens L) sweet, sobre las características físicas, químicas y biológicas de Yermosol Haplico en zonas áridas*. (Tesis de doctorado). Centro de Investigación biológicas del Noroeste. La Paz – México.

- Bernal, J. (2005). *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Ministerio de agricultura (Dirección de crianzas). Lima - Perú.
- Carambola, M. (2000). Producción de semilla de plantas forrajeras. Agropecuario hemisferio sur. Montevideo – Uruguay.
- Centro de Investigación y Formación en Agricultura (2008). *Buenas prácticas en producción ecológica - Uso de abono verdes*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - España.
- Cobo, J (1998). *Abonos verdes como fuente de nitrógeno en un agroecosistema tropical de ladera en Colombia* (Tesis de Maestría). Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza para el desarrollo y la conservación – Escuela de Postgrado. Turrialba- Costa Rica
- Conant, J y Fadem, P (2011). Guía comunitaria para la salud ambiental. *Hesperian*. California – EEUU.
- Conti, M. (2000). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS*, 8, 25-37.
- Dávila, P. & Sánchez J. (1996). La importancia de las gramíneas con forraje en México. *Revista de Ciencias de la UNAM*. 32-34.
- Davelouis, E. (1991). *Fertilidad del suelo*. Dpto. de Suelos y Fertilizantes Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Diario Oficial de la Federación (2001) Norma Oficial Mexicana NOM021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. *Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación*

Domínguez, F.y Rivas Barcellandi, L. G. (2021). *Estrategias alternativas de barbecho: su efecto sobre la actividad microbiana del suelo* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata].
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119737>

Eyherabide, M., Sainz H., Barbieri, P., Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del Suelo*. 32. 13-19.

Fernández, C., Baptista, P. y Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. *Editorial McGraw Hill*.

Fernández L., Rojas N., Roldán T., Ramírez M., Zegarra H., Uribe R., Arce J., Reyes R., Flores D. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. México: SEMARNAT-INEC-IMP.

Fontana, L. (2014). Efecto de la utilización de leguminosas anuales como abono verde sobre las condiciones del suelo y la productividad de cultivos subsiguientes (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba - España.

- Freire, R (2012). *Evolución del potencial Biofertilizantes de tres consorcios de cianobacterias en el crecimiento y valor nutricional de pasto Ryegrass anual a nivel de cámara de invernadero*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del ejército, Quito –Ecuador
- Galantini, J., Landriscini, M. R., & Hevia, C. (2007). Contenido y calidad de la materia orgánica particulada del suelo. *Técnica Especial en Siembra Directa*, 10-2007; 36-40
- García, A (2012). Manejo de leguminosas de coberturas con fines de conservar y mejorarlas propiedades del suelo. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto – Perú.
- Gomero, L. y Velázquez, H. (1999). Manejo Ecológico de Suelos: Conceptos, Experiencias y Técnicas. Gráfica Sttefany, Lima - Perú.
- Hazelip, E (2002). Abonos verdes para mejorar la tierra. Revista de agricultura ecológica. Recuperado de: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Ferti%2FFerti_2002_10_48_51.pdf
- Huaman, L. (2020). *Evaluación morfológica y del estado de conservación de seis especies del género Cinchona L. (Rubiaceae) en los Andes del norte y centro de Perú* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú.

Instituto Nacional Tecnológico (2016). *Prácticas de conservación de suelos y agua*. Instituto gubernamental de Nicaragua,

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021). *Indicador de la Actividad Productiva Departamental*. Informe Técnico N°4- Diciembre 2021. Lima-Perú

Inostroza, G. (2016). *Formas de fósforo inorgánico y orgánico en perfiles de tres suelos con distinto grado de evolución genética* (Tesis Doctoral, Universidad Austral de Chile).

Kass, D. (1996). Fertilidad de suelos. *Universidad Estatal a Distancia*. San José - Costa Rica.

León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>

Lopez H. (1996). Especies forrajeras mejoradoras en: Praderas para Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria. Santiago- Chile. 41-108p.

Loayza, J. (2020). Degradación de la fertilidad química y biológica del suelo por efecto del cultivo intensivo de la papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac. *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15922>

- Luque, N. (2003). *Establecimiento de un sistema agroforestal para conservación y recuperación de la fertilidad del suelo a través del uso del vetiver (Vetiveria zizanioides) con arbustos leguminosos.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú
- Mamani, R. y Ramos, O. (2018). *Evaluación del material de referencia interno de suelos* (Tesis Doctoral). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Carrera Ciencias Químicas.
- Mariñas, L. (2015). Efecto de la asociatividad y uso de fertilizantes orgánicos en las características nutricionales de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y Rye grass (*Lolium multiflorum* G).
- Medina, C. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de Rye Grass Bianaual (Lolium multiflorum) en lugares representativos de las zonas ganaderas de leche en la provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.*
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1781>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2010). *Guía técnica para la difusión de Tecnologías de producción agropecuaria sostenible.* San José - Costa Rica.
- Ministerio del Ambiente (2014). *Guía para el muestreo de suelos.* Biblioteca Nacional del Perú, Lima – Perú.

Ministerio del Ambiente (2019). *Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad*. Ministerio del Ambiente. Lima – Perú.

Moreno, D. (1978). *Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables*. Instituto de investigación agraria. México

Múgica, L. (2011). Efecto del manejo de residuos de *Lolium multiflorum* dejados en campo sobre la fauna microbiana y la actividad enzimática del suelo. (Tesis de Pregrado) Universidad Pública de Navarra. Iruia-España.

Muñoz, L. (2014). Efecto de tres abonos verdes, sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo *Brassica oleracea* L., Var. Snow White (Coliflor), en un suelo de baja fertilidad, Zungarococha, San Juan, Loreto. (Tesis de Pregrado) Universidad Nacional de la Amazonia. Iquitos – Perú.

Noa, O., Carracedo, C. y Muiña, M. (1987). Utilización de diferentes métodos de lucha contra las plantas indeseables en el cultivo del café. Boletín de cultivos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba.

Pacho, R (2021). Efecto de coberturas con leguminosas para reducir la erosión hídrica y mejorar la calidad del suelo en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) – Puno (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.

- Peralta, E. (2000). *Diagnostico socioeconómico de la Microcuenca de San Luis – Ancash*. Informe final PRONAMACH – Ancash
- Pérez, M. y Piñeiro, J. (1994). Nuevas mezclas pratenses para Galicia. *Revista agropecuaria*. 410-411.
- Prager, S., Sánchez de Prager, G. y Sánchez L. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo de los cultivos. Artículo de la revista *Agroecología*. Universidad Nacional de Murcia. Murcia – España.
- Pulgarín, S (2011). *Respuesta de una mezcla forrajera establecida de clima frio a la aplicación de silicato de magnesio*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador
- Ramos, E. y Zuñiga, D. (2008). Efectos de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú
- Rieppi, M. (2019). Evaluación del laboreo reducido y el uso de abonos verdes en maíz dulce, efecto en algunas propiedades del suelo y en el rendimiento del cultivo. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29568>
- Rizzo, R., Del Rio, L, Pitty., A. y Rueda, A. (1993). Efecto del uso de *Mucuna pruriens* L. como cobertura vegetal en la liberación de esporas de *Stenocarpell maydis* en un campo de maíz ceiba. Honduras.34; 360-368.

- Rodríguez, T., Ortega, A., Devesam J. (1999) *Biología floral en Fabaceae*. Ed: Consejo superior de investigación científica. Madrid – España
- Sánchez, E. (1992). *Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) en Tingo María con aplicación de abonos verdes, compost y dolomita*. (Tesis de Post Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico: Características y manejo*. IITA. San José-Costa Rica. 634p.
- Sanclemente, O 2009. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo Typic Haplustalfs, cultivado con maíz (*Zea Mays L.*) en zona de ladera del Municipio de Palmira, Valle. (Tesis de Maestría). Palmire-Colombia.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s.f). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. Ministerio de Medio Ambiental. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2001). Reporte de condiciones secas y húmedas en el Perú durante el año hidrológico 2020-2021. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima – Perú.
- Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R., & Iaquina, P. (2009). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, 112(3-4), 228-245.

- Thomé, O. W., & Migula, W. (1886). *Prof. dr. Thomé's Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, in wort und bild, für schule und haus ... mit* ... <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/5360>
- Trinidad-Santos, A. (2016). IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO. *Agro Productividad*, 9(8). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- Soto, S., & Desamparados, M. (2018). Conductividad eléctrica del suelo. <https://riunet.upv.es/handle/10251/105110>
- Strasburger E., Noll, F., Schenck, H. y Schimpe A. (2002). "*Tratado de Botánica*". 8° edición en castellana. Omega. España. 816 p.
- Terrones, H., & Julio, N. (1999). Tecnologías para la producción de semillas forrajeras en la zona andina del Perú.
- Torrico, M. G. M., Belpaire, I. M., & Casas, R. M. (2019). Aplicación de biofertilizante con bacterias halófilas y yeso sobre características químicas-biológicas de un suelo salino-sódico. *Apthapi*, 5(1), 1450-1456.
- Troncoso V. (2004). Producción de la asociación *Lolium hybridum* (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*), *Trifolium pretense* L y *Cichorium* L. en el secano de la IX región. (Tesis de pregrado). Universidad de la frontera. Temuco-Chile.
- Urrutia, R. (2013). Efecto de la fertilización fosfatada en la implantación de *Trifolium repens* y *Trifolium pretense* en un mejoramiento de cobertura sobre campo natural. (Tesis de pregrado). Universidad de la Republica. Montevideo- Uruguay.

- Vásquez, A. y Bautista-Aroche (1993). *Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua*. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Velasquez, P. (2009). Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de Ryegrass bianual (*Lolium multiflorum*) en lugares representativos de la zona de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito- Ecuador.
- Wade, M. y Sanchez, P. (1983). Mulching and Green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. *Agronomy journal*.
- Zagal, E., Rodríguez, N., Vidal, I. y Quezada, L. (2002). Actividad microbiana en un suelo de origen volcánico bajo distinto manejo agronómico. *Agricultura Técnica*. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000200012>

XII. ANEXOS

Anexo N°1: Tablas de resultados

Resultado de muestras de suelo - Parámetro Químico

pH						
Tratamientos	TI1 (2 meses)			TI2 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	6.3	6.44	6.38	6.4	6.5	6.41
T2	6.32	6.41	6.4	6.49	6.31	6.53
T3	6.31	6.46	6.55	6.33	6.29	6.28
Control	6.07	6.38	6.3	6.15	6.1	6.16

Conductividad eléctrica - CE (uS/cm)

Tratamientos	TI1 (2 meses)			TI2 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	0.043	0.093	0.054	0.252	0.175	0.265
T2	0.043	0.063	0.48	0.359	0.254	0.108
T3	0.042	0.073	0.066	0.208	0.164	0.102
Control	0.057	0.068	0.062	0.191	0.219	0.125

Materia orgánica - MO (%)

Tratamientos	TI1 (2 meses)			TI2 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3

T1	3.21	1.75	2.92	2.96	2.42	2.69
T2	1.75	2.92	2.63	2.2	2.1	2.42
T3	3.21	2.92	4.09	2.74	3.22	2.42
Control	2.92	3.5	3.8	2.79	1.88	1.61

Nitrógeno - N (%)

Tratamientos	T11 (2 meses)			T12 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	0.16	0.09	0.15	0.13	0.11	0.12
T2	0.09	0.15	0.13	0.1	0.09	0.11
T3	0.16	0.15	0.2	0.12	0.15	0.11
Control	0.15	0.18	0.19	0.13	0.08	0.07

Fósforo - P (ppm)

Tratamientos	T11 (2 meses)			T12 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	8.83	24.65	9.4	9.19	12.16	9.08
T2	5.92	13.43	9.06	4.86	14.09	13.75
T3	5.58	9.84	19.38	4.74	17.06	32.79
Control	4.23	11.41	12.87	5.09	21.96	20.14

Potasio - K (Cmol (+) /Kg)						
Tratamientos	T11 (2 meses)			T12 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	277.38	319.86	216.9	208.41	214.41	176.92
T2	270.38	283.88	208.91	146.44	183.42	214.41
T3	248.39	251.89	453.8	179.42	176.42	263.88
Control	297.87	250.89	313.36	216.9	213.41	222.9

Resultado de muestras de suelo - Parámetro Biológico

Respiración microbiana - CO₂ (mg/g*h)						
Tratamientos	T11 (2 meses)			T12 (4meses)		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
T1	0.096	0.118	0.105	0.309	0.092	0.390
T2	0.083	0.092	0.088	0.218	0.264	0.367
T3	0.100	0.079	0.091	0.138	0.241	0.367
Control	0.005	0.008	0.007	0.275	0.115	0.229

Anexo N°2: Tablas estadísticas en TI₁

TI₁: pH

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	485,395	40477,710	,000
TRATAMIENTO	3	,019	1,581	,268
Error	8	,012		
Total	12			

TI₁: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,042	154,556	,000
TRATAMIENTO	3	9,000E-5	,329	,805
Error	8	,000		
Total	12			

TI₁: MATERIA ORGÁNICA

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	105,732	274,623	,000
TRATAMIENTO	3	,787	2,045	,186
Error	8	,385		
Total	12			

TI₁: NITRÓGENO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,270	308,571	,000
TRATAMIENTO	3	,002	2,210	,165
Error	8	,001		
Total	12			

TI₁: FÓSFORO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	1509,763	36,363	,000
TRATAMIENTO	3	15,599	,376	,773
Error	8	41,519		
Total	12			

TI₁: POTASIO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	956833,335	196,095	,000
TRATAMIENTO	3	2084,014	,427	,739
Error	8	4879,428		
Total	12			

TI₁: Actividad microbiana

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,063	990,083	,000
TRATAMIENTO	3	,006	93,983	,000
Error	8	6,400E-5		
Total	12			

Test de Tukey

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
Control	3	,00667	
Tratamiento 2	3		,08767
Tratamiento 3	3		,09000
Tratamiento 1	3		,10633

Anexo N°3: Tablas estadísticas en TI₂

TI₂: pH

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	480,700	103935,180	,000
TRATAMIENTO	3	,062	13,513	,002
Error	8	,005		
Total	12			

Test de Tukey.

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
Control	3	6,1367	
Tratamiento 3	3		6,3000
Tratamiento 1	3		6,4367
Tratamiento 2	3		6,4433
Sig.		,072	,120

TI₂: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,489	83,484	,000
TRATAMIENTO	3	,005	,818	,520
Error	8	,006		
Total	12			

TI₂: MATERIA ORGÁNICA

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	72,275	448,868	,000
TRATAMIENTO	3	,347	2,153	,172
Error	8	,161		
Total	12			

TI₂: NITRÓGENO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,145	348,480	,000
TRATAMIENTO	3	,001	1,813	,223
Error	8	,000		
Total	12			

TI₂: FÓSFORO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	2266,276	28,884	,001
TRATAMIENTO	3	44,824	,571	,650
Error	8	78,462		
Total	12			

TI₂: POTASIO

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	486799,914	480,574	,000
TRATAMIENTO	3	694,927	,686	,585
Error	8	1012,955		
Total	12			

TI₂: ACTIVIDAD MICROBIANA

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	432,600	60,586	,000
TRATAMIENTO	3	1,823	,255	,855
Error	8	7,140		
Total	12			

Anexo N°4: Interacciones bifactoriales

Parámetro Químico

- pH

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	1412,131	254948,450	,000
TRATAMIENTO	3	,042	7,571	,001
TIEMPO	2	,242	43,716	,000

TRATAMIENTO * TIEMPO	6	,020	3,567	,011
Error	24	,006		
Total	36			

Test de Tukey

Tratamiento

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
Control	9	6,1622	
Tratamiento 3	9		6,2800
Tratamiento 1	9		6,3033
Tratamiento 2	9		6,3067
Sig.		1,000	,871

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 0	12	6,1000	
Tiempo 2	12		6,3292
Tiempo 1	12		6,3600
Sig.		1,000	,575

• **CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,273	133,753	,000
TRATAMIENTO	3	,001	,696	,564
TIEMPO	2	,129	63,104	,000
TRATAMIENTO * TIEMPO	6	,002	,846	,547
Error	24	,002		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 0	12	,000200		
Tiempo 1	12		,059333	
Tiempo 2	12			,201833
Sig.		1,000	1,000	1,000

• **MATERIA ORGÁNICA**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	368,832	2026,457	,000
TRATAMIENTO	3	,394	2,167	,118

TIEMPO	2	9,422	51,767	,000
TRATAMIENTO * TIEMPO	6	,370	2,032	,100
Error	24	,182		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 2	12	2,4542		
Tiempo 1	12		2,9683	
Tiempo 0	12			4,1800
Sig.		1,000	1,000	1,000

• **NITRÓGENO**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	,810	1881,290	,000
TRATAMIENTO	3	,001	2,151	,120
TIEMPO	2	,019	44,594	,000
TRATAMIENTO * TIEMPO	6	,001	2,047	,098
Error	24	,000		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tiempo 2	12	,1100		
Tiempo 1	12		,1500	
Tiempo 0	12			,1900
Sig.		1,000	1,000	1,000

• **POTASIO**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	2302305,502	1172,177	,000
TRATAMIENTO	3	1481,557	,754	,531
TIEMPO	2	24017,960	12,228	,000
TRATAMIENTO * TIEMPO	6	648,692	,330	,914
Error	24	1964,128		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2

Tiempo 2	12	201,4117	
Tiempo 0	12		274,8800
Tiempo 1	12		282,3758
Sig.		1,000	,910

• **FÓSFORO**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación	1	3757,486	93,952	,000
TRATAMIENTO	3	14,937	,373	,773
TIEMPO	2	203,533	5,089	,014
TRATAMIENTO * TIEMPO	6	22,743	,569	,751
Error	24	39,994		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

TIEMPO	N	Subconjunto	
		1	2
Tiempo 0	12	5,6900	
Tiempo 1	12	11,2167	11,2167
Tiempo 2	12		13,7425
Sig.		,103	,597

Parámetro Biológico

- **Actividad Microbiana**

Origen	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Interceptación		,669	161,433	,000
TIEMPO		,118	28,363	,000
TRATAMIENTO		,006	1,353	,281
TIEMPO * TRATAMIENTO		,002	,433	,850
Error	24	,004		
Total	36			

Test comparativo de Tukey:

Tiempo

	N	Subconjunto	
		1	2
TIEMPO			
Tiempo 1	12	,07267	
Tiempo 0	12	,08600	
Tiempo 2	12		,25042
Sig.		,869	1,000

Anexo N°5: Registro fotográfico



Fotografía N°1: *Preparación del terreno en tres bloques*



Fotografía N°2: *Subparcelas de tratamiento*



Fotografía N°3: *Preparación de la parcela experimental*



Fotografía N°4: *Parcela experimental*



Fotografía N°5: *Perfil de suelo*



Fotografía N°6: *Tratamiento 1 (Trifolium pratense) - BLOQUE I*



Fotografía N°7: *Tratamiento 1 (Trifolium pratense) BLOQUE II*



Fotografía N°8: *Tratamiento 1 (Trifolium pratense) BLOQUE III*



Fotografía N°9: *Tratamiento (Lolium multiflorum L) – BLOQUE I*



Fotografía N°10: *Tratamiento 2 (Lolium multiflorum L) - BLOQUE II*



Fotografía N°11: *Tratamiento (Lolium multiflorum L) – BLOQUE III*



Fotografía N°12: *Tratamiento 3 (Trifolium pratense + Lolium multiflorum) – BLOQUE I*



Fotografía N°13: *Tratamiento 3 (Trifolium pratense + lolium multiflorum) – BLOQUE II*



Fotografía N°14: *Tratamiento 3 (Trifolium pratense + lolium multiflorum) – BLOQUE III*



Fotografía N°15: *Control – BLOQUE I*



Fotografía N°16: *Control – BLOQUE II*



Fotografía N°17: *Control – BLOQUE III*



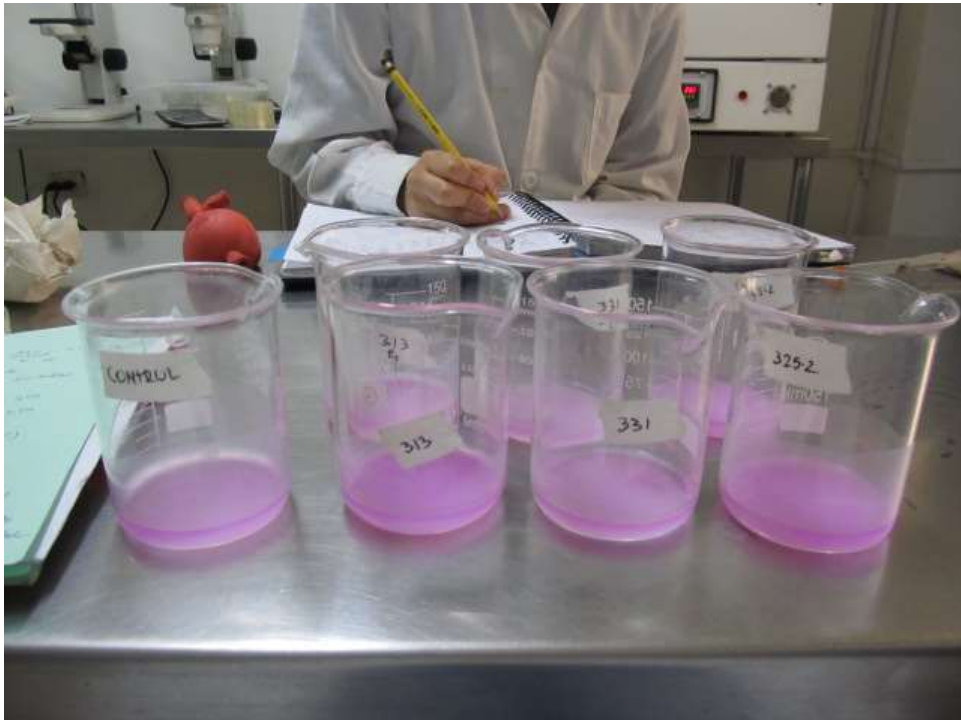
Fotografía N°18: *Trifolium pratense*



Fotografía N°19: *Lolium multiflorum L*



Fotografía N°20: *Trifolium pratense + Lolium multiflorum L*



Fotografía N°21: *Análisis experimental de la actividad microbiana*



Fotografía N°22: *Adición de HCl para el analisis de la actividad microbiana*



Fotografía N°23: *Cambio de coloración – Analisis de actividad microbiana*