

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE NITRÓGENO EN EL COMPOST DE
LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO, MEDIANTE LA
INSERCIÓN DEL CULTIVO *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

LIZ JHONA SÁNCHEZ LEÓN

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 31 de Enero de 2019, a horas 7:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias Ambientales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE NITROGENO EN EL COMPOST DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, MEDIANTE LA INSERCIÓN DEL CULTIVO *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth”

Presentado por la Bachiller **SÁNCHEZ LEÓN, Liz Jhona**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara APROBADA con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 29 de Abril del 2019


Blga. MSc. GIOVANA P. VADILLO GALVEZ
PRESIDENTE


Ing. MSc. SANDRO J. RUIZ CASTRE
MIEMBRO


Ing. MSc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
MIEMBRO


Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE NITRÓGENO EN EL COMPOST DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO, MEDIANTE LA INSERCIÓN DEL CULTIVO *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth

Autor	:	LIZ JHONA, SÁNCHEZ LEÓN
Asesor	:	Dr. Cesar Samuel López López
Programa de Investigación	:	Ciencia y Tecnologías Ambientales
Línea de Investigación	:	Tecnologías Limpias
Eje temático de Investigación	:	Diseñar alternativas de tecnologías limpias para procesos y actividades de los diferentes sistemas productos y de servicios de los sectores del país
Lugar de Ejecución	:	Planta de Compostaje - Municipalidad Provincial de Leoncio Prado
Duración	:	Inicio - Fecha de Emisión de Resolución de Aprobación del Proyecto de tesis
Financiamiento	:	MONTO S/. 4500
FEDU	:	-
Propio	:	X

Año 2019

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.1.1. Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Compostaje	6
2.2.1. Importancia Ambiental.....	6
2.2.2. El compostaje como alternativa para la producción de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos.	7
2.3. El nitrógeno (N)	8
2.3.1. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno.....	9
2.4. Nitrificación.....	10
2.4.1. Resumen del proceso de nitrificación	11
2.5. Fijación biológica de nitrógeno	12
2.5.1. Fisiología de la fijación de nitrógeno	12
2.5.2. Asimilación de nitrógeno fijado	13
2.5.3. Fijación de nitrógeno en simbiosis.....	14
2.5.4. Fijación de nitrógeno de vida libre	14
2.5.5. Simbiosis <i>Rhizobium</i> leguminosa	16
2.5.6. Descripción del género <i>Rhizobium</i>	16
2.6. Absorción, asimilación y removilización de N, por las plantas	17

2.7.	Factores que afectan el contenido total de N del suelo.....	18
2.7.1.	Clima y vegetación	18
2.7.2.	Temperatura.....	19
2.7.3.	Humedad	20
2.7.4.	pH.....	20
2.7.5.	En la nitrificación	20
2.7.6.	Desnitrificación	20
2.7.7.	La volatilización	22
2.8.	Kudzu (<i>Pueraria phaseoloides</i> , (Roxb.) Benth.....	23
2.8.1.	Características.....	23
2.8.2.	Conservación y mejora el suelo.....	24
2.9.	Metales pesados	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1.	Ubicación del lugar de ejecución.....	25
3.1.1.	Aspectos ambientales.....	25
3.2.	Materiales y equipos	26
3.2.1.	Materiales	26
3.2.2.	Equipos.....	27
3.2.3.	Reactivos.....	27
3.2.4.	Sustratos	28
3.2.5.	Semilla.....	28
3.3.	Metodología	28
3.3.1.	Fase de pre campo.....	28

3.3.2.	Fase de campo.....	31
3.3.3.	Fase de gabinete.....	34
IV.	RESULTADOS	36
4.1.	Evaluación del pH y la temperatura en el proceso de incremento de nitrógeno	36
4.1.1.	Determinación del pH, en los tratamientos.....	36
4.1.2.	Determinación de la Temperatura, en los tratamientos	37
4.1.3.	Determinación del % de Humedad – in situ.....	39
4.1.4.	Determinación del % de Humedad – muestra seca.....	40
4.1.5.	Determinación del % de materia orgánica	41
4.2.	Determinación de los principales macronutrientes (K, P ₂ O ₅ , Ca, Mg, Na), en el compost antes y después del tratamiento.....	43
4.2.1.	Datos obtenidos de analices de los elementos Cu, Fe, Zn, Mn, en los tratamientos	44
4.3.	Determinación el mayor porcentaje del incremento de nitrógeno total en el compost	46
4.3.1.	Variación del % de nitrógeno total en los tratamientos.....	47
4.3.2.	Incremento del % de nitrógeno total en los tratamientos....	47
4.4.	Análisis estadístico de los tratamientos.....	49
4.4.2.	Análisis de varianza.....	50
4.4.3.	Pruebas para la comparación de medias	51
V.	DISCUSIÓN.....	54
VI.	CONCLUSIONES	57

VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII. ABSTRACT.....	59
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
X. ANEXO.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Organismos Fijadores de Nitrógeno	13
2. Organismos fijadores de Nitrógeno libre.....	15
3. Datos obtenidos del pH, en el proceso de incremento del N.....	37
4. Datos obtenidos de la T° (C°) en el proceso de incremento del N.....	39
5. Datos obtenidos del % Humedad en el proceso de incremento del N.....	40
6. Porcentaje de (%) humedad de la muestra seca	42
7. Análisis de la materia orgánica evaluado en cada tratamiento.....	43
8. Datos obtenidos de los principales macronutrientes.....	44
9. Datos obtenidos de los elementos Cu, Fe, Zn, Mn, antes y después del estudio.....	45
10. Resultado del análisis, datos % de nitrógeno total.....	47
11. Datos obtenidos del % de incremento del Nitrógeno total en los tratamientos.....	49
12. Análisis estadístico de los tratamientos.....	50
13. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	51
14. Análisis de varianza.....	52
15. Prueba de Tukey (I).....	53
16. Prueba de Tukey (II).....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ciclo del nitrógeno.....	9
2. Proceso de nitrificación.....	11
3. Resumen del proceso de nitrificación.....	11
4. Nódulos de <i>Rhizobium</i> en las raíces de la planta.....	17
5. Temperaturas (°C) Max y Min anual, durante el periodo 2017.....	19
6. Resumen del proceso de desnitrificación.....	21
7. Ubicación del lugar de ejecución.....	26
8. Montaje experimental.	29
9. Representación de los tratamientos y repeticiones en el espacio experimental (cama).....	30
10. Diagrama de los tratamientos con sus respectivas repeticiones	35
11. Variación del pH por cada semana de evaluación.....	38
12. Variación de la temperatura (°C) por cada semana de evaluación.....	39
13. Variación del % humedad por cada semana de evaluación in situ.....	41
14. Variación del % de humedad del compost seco respecto a los T.....	42
15. Variación del % de materia orgánica con respecto a los tratamientos..	43
16. Evolución del Ca (%), K (%), Mg (%), P ₂ O ₅ (%), en función de los tratamientos.....	44

17. Evolución del Fe (PPM), Mn (PPM), Zn (PPM), Cu (%) en función de los tratamientos.	46
18. Variación del % de nitrógeno total con respecto a los tratamientos.....	48
19. Incremento del % de nitrógeno total en función de los tratamientos.....	49
20. Comportamiento de medias de lecturas de nitrógeno en los tratamientos en solo un subgrupo homogéneo.	54
21. Datos del análisis del compost MPLP.....	69
22. Informe de aceptación de ejecución de tesis	70
23. Informe de disponibilidad de equipos por parte de la MPLP.....	71
24. Limpieza del terreno.....	72
25. Selección de área de la parte interna del montaje.....	72
26. Estructura interna de la cama del montaje experimental.....	73
27. Terminó el cocido en todo el rededor de la estructura.....	73
28. Cocido en la parte superior del montaje experimental.....	74
29. Montaje experimental instalado.	74
30. Adecuación del compost al montaje.	75
31. Mantenimiento de montaje Experimental.....	75
32. Riego de los plántones de kudzu.....	76
33. Cubierta impermeable en tiempos de lluvia.....	76
34. Montaje experimental parte externa..	77
35. Monitoreo de los tratamientos.	77
36. Toma de la humedad en campo.....	77

37. Equipo trabajo – Higrómetro digital.....	78
38. Calibracion del Higrómetro digital.....	79
39. Toma de la temperatura en campo.....	79
40. Adecuación del kudzu al tratamiento.....	80
41. Adecuación de kudzu al tratamiento.....	80
42. Nódulos de <i>Rhizobium</i> en las raíces del kudzu estudiado.....	81
43. Fin de su ciclo vegetativo del Kudzu.....	81
44. Calibración de equipos por parte del técnico.....	82
45. Calibracion de pHimetro.....	82
46. Determinacion de la humedad por el metodo de estufa.....	83
47. Determinacion de la humedad por el metodo de estufa.....	83
48. Agua destilada para el analisis de pH.....	84
49. Determinacion del pH.....	84
50. Muestras listas para la lectura de pH.....	85
51. Lectura de pH, mediante el pHimetro.....	85
52. Muestras de compost tratado, entregadas al laboratorio de Agronomia para su analisis.....	86
53. Muestras de compost tratadas, entregadas al laboratorio de Agronomia para su analisis.....	86

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el incremento de nitrógeno en el compost de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado mediante la inserción del cultivo de *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth se implementó un montaje experimental donde se depositó 345 kg. De compost, en un área de 4 m², se le dio las condiciones y se sembró Kúdzu, siguiendo un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA), con 3 tratamientos y 3 repeticiones, incluido el tratamiento testigo. Se evaluaron las variables de número de plantones de kudzu por tratamiento, con 2 y 4 plantones en el 2do y 3er tratamiento sin plantones en el 1er tratamiento (testigo). Se monitoreo el crecimiento del kudzu durante su ciclo vegetativo (6 meses). Se evaluó in situ los parámetros de pH, T° y % H en los tratamientos durante 2 meses. Culminado la evaluación, se cuantifico el nitrógeno total, por el método de Kjeldahl. El porcentaje de mayor incremento de Nitrógeno se dio en el segundo tratamiento con 16.1%, así mismo un incremento de los principales macronutrientes como: Ca en 33.1%; K en 19.1%; Mg en 2.5%; P₂O₅ en 7.2%; Na en 16.7%. Se concluye que la *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth incremento el porcentaje Nitrógeno total.

Palabras claves: Incremento, asimilación, inserción, compost.

I. INTRODUCCIÓN

La generación total de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Rupa Rupa fue de 28,829 Tn/día para el año 2016, de los cuales el 67,19%, corresponden a residuos sólidos orgánicos (Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de Rupa Rupa, 2015). El proceso de compostaje surge como una alternativa ante la creciente problemática de contaminación de residuos sólidos municipales como un método eficiente en la reducción de estos residuos, ya que permite además el aprovechamiento del producto final.

El compost logrado por la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado (MPLP), es de baja Calidad, parámetros bajos de Nitrógeno, Fosforo y % Materia Orgánica, etc. (NORMA CALIDAD DEL COMPOST, 2000); (ROMAN, MARTINEZ Y PANTOJA, 2013).

La baja calidad del compost producido por la Municipalidad Provincial Leoncio Prado (MPLP), es un problema delicado que influencia en la sostenibilidad del producto final (compost), tanto para la continuidad del Programa: Vecino Educado Ciudad Sostenible, como para la problemática de contaminación de residuos sólidos en la ciudad de Tingo María.

En este contexto resulta vital la investigación de tecnologías limpias para mejorar la calidad y de sostenibilidad del producto final, obtenido por la MPLP. El tratamiento con leguminosa Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.)

Benth), enfocado a incrementar con nitrógeno al compost es una alternativa de solución al problema de baja calidad del compost. De acuerdo a lo mencionado, se planteó la siguiente interrogante ¿Se mejorará la concentración de nitrógeno en el compost incrementando el nitrógeno?, mediante la inserción del cultivo de kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth). Por lo que se plantea la siguiente hipótesis, La inserción del cultivo de kudzu al compost logrado por la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, influye en el mejoramiento de la calidad del compost incrementando el nitrógeno. Los resultados de esta investigación nos van a permitir conocer el porcentaje de incrementado de nitrógeno, el tiempo óptimo para lograr un compost mejorado. Por lo tanto, se formularon los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar del incremento de nitrógeno en el compost de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, mediante la inserción del cultivo de kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth).

1.1.1. Objetivos específicos

- Evaluar el pH y temperatura en el proceso de incremento de nitrógeno.
- Determinar los principales macronutrientes (K, P, Ca, Mg, Na) antes y después del tratamiento.
- Determinar el mayor porcentaje de incremento del nitrógeno total, en el compost.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

MIYASHIRO *et al.* (2014), explica la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos en la agricultura, está obligando a la búsqueda de alternativas viables y sostenibles, por ello se planteó la elaboración de un abono orgánico a base de compost enriquecido con Guano de Islas, con la finalidad de aprovechar las características y nutrientes del compost tradicional y potenciarlos con el Guano de Islas, creando una sinergia favorable para el crecimiento de la planta y la producción orgánica. El compost enriquecido con Guano de Islas se elaboró en base a formulaciones y en diferentes relaciones de Guano de Islas y compost, incorporados en dos momentos del proceso de compostaje, al inicio y final de la etapa de maduración, con la finalidad de determinar el momento óptimo de incorporación del Guano de Islas en el compost y evaluando variables fisicoquímicas, bioensayos de fitotoxicidad y pruebas biológicas.

FRANCO *et al.* (2018), explica la evaluación del enriquecimiento de compost de pulpa de café con mucilago, tuvo como objetivo evaluar el efecto del mucilago sobre la pulpa de café, y los niveles nutricionales resultantes de la interacción con diferentes intervalos de volteo. El análisis de la información mostro lo siguiente: el mejor tratamiento es la interacción 28 días de intervalo y

350 litros/tonelada de mucilago, mostrando que el peso y conversión de pulpa, son directamente proporcional, a mayor dosis de mucilago, mayor cantidad de materia orgánica y mayor peso. La variable carga nutricional de macronutrientes presentes en el material orgánico, el tratamiento con 14 días de intervalo y 250 de dosis de mucilago presenta mejores resultados de Nitrógeno, y no existe diferencia significativa en el caso del Fósforo y el Potasio.

BORJA *et al.* (2015), expone que, en su trabajo de Investigación para mejorar las características físico-químicas del suelo”, tuvo como objetivos de la investigación, determinar la fijación biológica de nitrógeno (FBN) de la leguminosa *Canavalia ensiformis* comparada con *Pueraria phaseoloides*, mediante análisis comparativos con el objeto de reducir el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos en los campos agrícolas. Se realizó un ensayo a nivel de campo con 5 tratamientos que corresponden a dos distanciamientos de siembra para *Canavalia ensiformis* comparada con dos distanciamientos de siembra de *Pueraria phaseoloides*, que es la leguminosa que se utiliza generalmente como abonos verdes para la fijación de nitrógeno y un testigo (maleza), para comparar los índices de FBN. Se analizaron muestras de suelos en el “Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Litoral Sur” (INIAP). Los resultados de los tratamientos demostraron un incremento en el aporte de amonio NH_4 en las muestras de suelo, con un aumento de 26,66% en comparación al primer análisis; además el mantenimiento del pH y del sustentable aporte de elementos esenciales para el aprovechamiento del suelo.

LEMUS *et al* (2013), en su estudio de recopilación de la experiencia en el manejo de cobertura con *Pueraria phaseoloides*, (kudzú tropical), utilizado en plantaciones de *Elaeis guineensis*, palma de aceite, en el municipio de Sayaxché, Petén. El uso de esta leguminosa en plantaciones permanentes se ha conocido muy poco. la inoculación de la semilla con bacterias del género *Rhizobium*, ha permitido observar rendimientos acumulados moderadamente más altos que en aquellos lotes cubiertos por vegetación natural. El crecimiento rápido, la capacidad de producir raíces en cada yema y la formación de guías, le permiten poblar rápidamente el suelo limitando el desarrollo de otros vegetales, por lo que el control biológico de malezas es una de las actividades más importantes que esta tiene, además de ser amigable con el ambiente, fija el nitrógeno atmosférico, incorporándolo al suelo.

DEL AGUILA *et al* (2010), dice que, en el trabajo de investigación que realizó, con el objetivo de evaluar el efecto de las propiedades físicas químicas del suelo por la influencia de la enmienda (dolomita) y el establecimiento de la *Pueraria phaseoloides*, (*Roxb.*) Benth (Kudzu) como cobertura del suelo. Utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). el pH pasó de fuertemente ácido a moderadamente ácido, la M.O. pasó de nivel bajo a medio, el contenido de nitrógeno para la profundidad de 0 - 20 cm. se mantuvo a un nivel medio y de 20 - 40 cm de profundidad subió de bajo a medio, en ambos estratos el fósforo se mantuvo a nivel bajo, el potasio de 0 - 20 cm pasó de muy bajo a bajo y de 20 - 40 cm se mantuvo, el contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} aumentó en ambos estratos y el aluminio intercambiable disminuyó en ambas profundidades.

PALOMO *et al* (2015), menciona que, en su investigación de “Adaptabilidad y valor nutricional de las leguminosas kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Centrosema (*Centrosema acutifolium*), Mucuna (*Mucuna pruriens*)”. Los objetivos que se persiguieron fueron: Establecer el comportamiento y la productividad de las leguminosas rastreras. Determinar el valor nutricional de estas especies. Utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA). Los resultados fueron: En altura de planta, biomasa forrajera y peso de raíz en incremento destacó la leguminosa centrosema (82.54 cm, 147.65 y 4.80 g); en la variable nódulos por raíz. El kudzu logra el mayor número (23.67) y la leguminosa mucuna obtiene sus mayores valores en las variables: biomasa forrajera, longitud de raíz y peso de raíz a los 75 días (179.12 g; 46.06 cm y 10.99 g). En el análisis bromatológico mucuna representan los mayores porcentajes de proteína a los 30 días (19.30%) y a los 75 días kudzu (21.70%).

2.2. Compostaje

2.2.1. Importancia Ambiental

Desde una mirada ambientalista, el compost posee un inestimable valor pues se trata de la recuperación de materia orgánica a partir de los desechos originados por la actividad humana, que sin ningún tratamiento contaminarían el entorno. El aporte de materia orgánica a los terrenos agrícolas puede hacerse entonces mediante la aplicación de compost (GARCÍA, 2004).

2.2.2. El compostaje como alternativa para la producción de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos.

El compostaje es descomposición aeróbica biológica de los materiales orgánicos, es decir es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, este se constituye principalmente de estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas y desperdicios orgánicos domésticos. Durante el proceso de compostaje se produce una disminución en peso de los residuos orgánicos tratados, y en cada una de las etapas se producen cambios en numerosas propiedades químicas, físicas y biológicas de los materiales orgánicos. Un porcentaje de aproximadamente 50 % del material original se pierde durante la fermentación por causa de la evaporización y digestión microbiológica (VALDERRAMA, 2013).

Los objetivos del compostaje según Díaz (2001), son:

- Reducir el volumen de residuos.
- Estabilizar la materia orgánica de los residuos.
- Higienizar el producto, dejarlo libre de patógenos debido a las temperaturas alcanzadas en el compostaje.
- Aprovechamiento de residuos, permite la utilización no contaminante del abono orgánico. El control de microorganismos patógenos.
- Facilita el manejo de los residuos, reduce el olor.
- Puede ser almacenado sin problema.
- La remoción de sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas.

2.3. El nitrógeno (N)

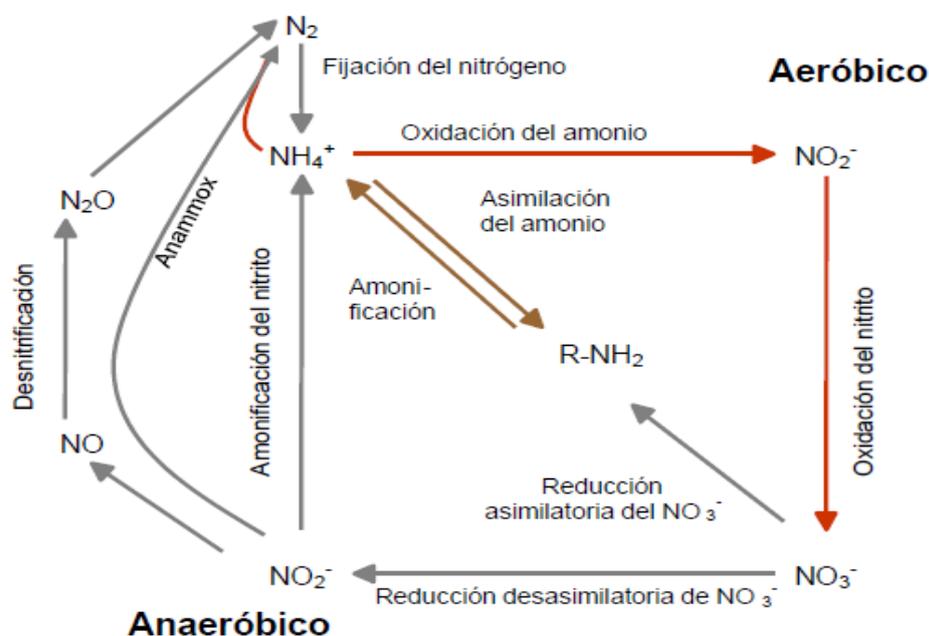
El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. Debido a la importancia del N en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como macronutriente. Es, además, el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agropecuaria.

El aire que respiramos contiene un 79 por ciento en volumen de nitrógeno, lo cual significa que sobre cada hectárea de terreno, teniendo en cuenta el espesor de la capa atmosférica, existen 75.000 Tm. De este elemento. No obstante, ese nitrógeno que se encuentra en estado molecular (N_2), y que entra en nuestros pulmones, y sale tal cual, reflejando un acusado carácter inerte, no es utilizable por los organismos vivos, excepto por pocos que pueden convertirlo en compuestos aprovechables. De hecho, las plantas, los animales y casi todos los microbios, sólo pueden utilizar nitrógeno combinado, es decir, nitrógeno integrado en un compuesto químico. En efecto, las plantas y la mayoría de los microbios son dependientes de formas inorgánicas de aquel elemento, como nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), etc., mientras que los animales requieren nitrógeno orgánico obtenido directa o indirectamente de las plantas. (RODRÍGUEZ, BARRUCO, SEVILLANO Y SUBRAMANIAM, 1984).

2.3.1. Ciclo biogeoquímico del nitrógeno

Se trata de un conjunto de transformaciones, donde se dan varias etapas y entre ellas destacaremos: (Figura 1)

- Formación de nitrógeno inorgánico, como amoníaco, nitrito y nitrato, a partir de nitrógeno orgánico procedente de la desintegración de los organismos y de sus excreciones, en un proceso de mineralización.
- El nitrógeno inorgánico puede ser absorbido por plantas y microorganismos, pasar de nuevo a formar parte de la materia viva, y circular a lo largo de las cadenas de alimentación.
- El nitrógeno inorgánico puede ser transformado en nitrógeno molecular y sus óxidos, que escapan a la atmósfera en un proceso de desnitrificación.
- El nitrógeno molecular atmosférico pasa a forma combinada en un proceso de Fijación.

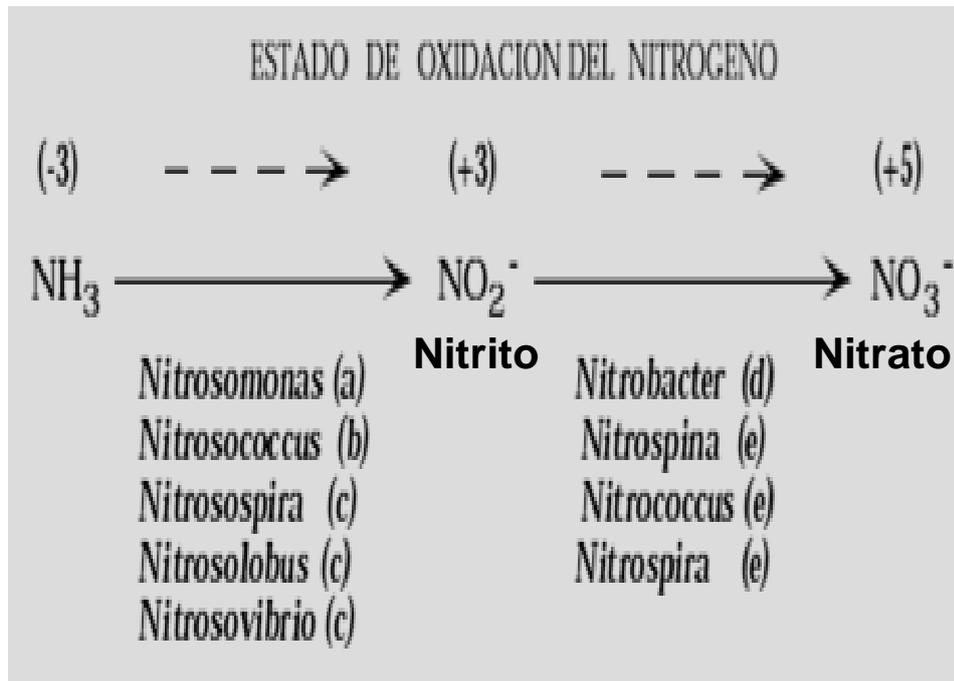


Fuente: NEWTON (2000)
Figura 1. Ciclo del nitrógeno.

2.4. Nitrificación

El proceso de nitrificación consiste en la oxidación de amoníaco bajo condiciones estrictamente aeróbicas. En ambientes con un potencial redox alto, el amoníaco puede ser oxidado a óxidos de nitrógeno y a nitrato. No obstante, siendo el amoníaco un compuesto estable, se requieren agentes oxidantes fuertes o agentes catalíticos para que se pueda efectuar su oxidación. En la naturaleza contamos con un grupo de bacterias aerobias estrictas que poseen los agentes catalíticos (ej. enzimas) apropiados para efectuar dicha reacción de oxidación. Estas bacterias se conocen con el nombre de bacterias nitrificantes. La oxidación de amoníaco por estas bacterias se observa en suelos con buen drenaje, a un pH neutral o en cuerpos de agua con un alto contenido de oxígeno disuelto y un pH neutral. Condiciones de anoxia o una alta acidez inhiben la actividad catalítica de estas bacterias.

El proceso de nitrificación ocurre en dos etapas; comienza con la oxidación del amoníaco a nitritos, seguido de la oxidación del nitrito a nitrato. En cada una de estas etapas intervienen diferentes poblaciones de bacterias quimiolitotróficas Figura 3. La oxidación de amoníaco (NH_3) a nitrito (NO_2^-) es mediada principalmente por bacterias del género *Nitrosomonas*, mientras que en la oxidación de nitrito (NO_2^-) a nitrato (NO_3^-) intervienen frecuentemente bacterias del género *Nitrobacter*. No se conoce hasta el presente de ninguna bacteria quimiolitotrófica que puede oxidar el amoníaco directamente a nitrato. Aunque existen algunas bacterias quimioorganotróficas y algunos hongos que pueden oxidar el amoníaco directamente a nitrato, la magnitud de dicha actividad se considera de escasa importancia ecológica

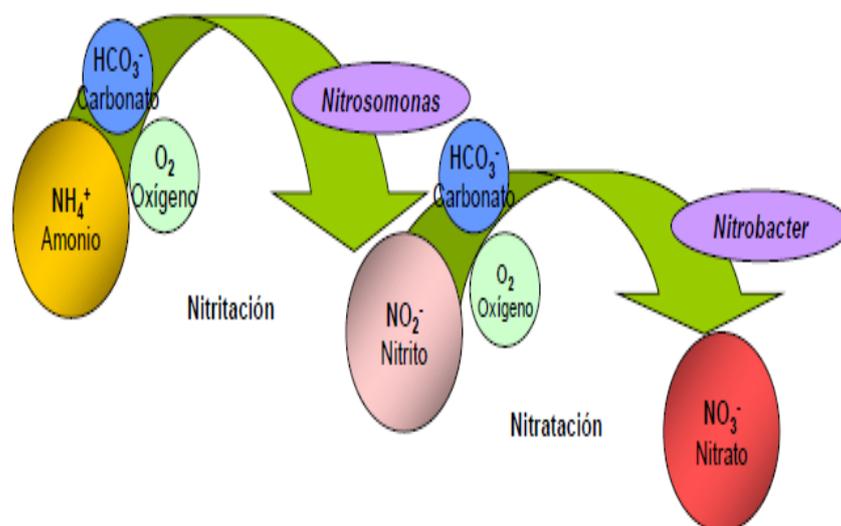


Fuente: PAINTER (1977)

Figura 2. Proceso de nitrificación. Habidad natural de bacterias nitrificantes

2.4.1. Resumen del proceso de nitrificación

NITRIFICACIÓN: Aerobia



Fuente: VERA, 2013

Figura 3. Resumen del proceso de nitrificación

Consiste en la conversión del amonio a nitrato mediante la acción microbiana. Este proceso es llevado a cabo por las bacterias nitrificantes. El proceso tiene lugar en dos fases: Por una parte, las bacterias pertenecientes al género *Nitrosomonas* básicamente oxidan el amoníaco a nitrito. Posteriormente, éste es oxidado a nitrato por las bacterias oxidadoras de nitrito del género *Nitrobacter* (VERA, S. 2013).

2.5. Fijación biológica de nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno representa una alternativa a la fertilización nitrogenada ya que puede paliar mucho de los efectos negativos tanto a nivel medioambiental como sanitario (NEWTON, 2000).

El proceso de fijación está relegado a organismos procariontes, que son capaces de reducir el nitrógeno molecular a amonio tanto en vida libre como en simbiosis con organismos superiores (MARTINES Y VELASQUEZ, 1991)

2.5.1. Fisiología de la fijación de nitrógeno

Aunque existen grandes diferencias en la morfología y fisiología de todos los organismos fijadores de nitrógeno, el proceso de fijación y el sistema enzimático que lo lleva a cabo es similar en todos los organismos. Este sistema se denomina nitrogenada y la reacción que se produce es la siguiente:



El proceso de fijación lleva asociada una reducción de H^+ a H_2 en todos los sistemas donde se ha probado, sin embargo, muchos de estos

sistemas tienen acoplado un sistema de reciclar el hidrogeno mediante la presencia del enzima hidrogenasa.

La reacción de reducción del nitrógeno es un proceso endergónico que requiere un mínimo de energía de 960 kj por mol de nitrógeno, por lo que debe acoplarse a un sistema que produzca ATP de una manera eficiente. El ATP necesario se produce mediante el proceso de fosforilización oxidativa acoplado a la cadena transportadora de electrones que utiliza el oxígeno como aceptor final de los mismos. (FERNANDEZ Y PASCUAL, 1984).

2.5.2. Asimilación de nitrógeno fijado

Cuadro 1. Organismos fijadores de Nitrógeno.

Organismos Fijadores Simbióticos		
Microsimbionte	Macrosimbionte	Capacidad Fijadora N
Rhizobium	Angiospermas	Prom. 200 Kg. N/ha/año
Bradyrhizobium	Leguminosas (20000 esp.)	500 Kg N/ha/año para algunas asociaciones
	90% Papilionoideae	
	90% Mimosoideae	
Rhizobium (caupí)	30% Cesalpinoideae	500 Kg N/ha/año para algunas asociaciones
	Angiospermas	
Actinomycetos	Parasponia (Zygophyllaceae)	40 a 200 Kg N/ha/año
	Casuarina	
Frankia	Coriaria	2 a 5 Kg N/ha/año
	Almas, Prusia	
	Myricaceae	
Cianobacterias	Angiospermas	2 a 5 Kg N/ha/año
Anabaena	Gimnospermas:	
Nostoc	Cycas, Bowenia	2 a 5 Kg N/ha/año
	Líquenes	
Nostoc	Musgos	100 a 200 Kg N/ha/año
	Helechos	

Fuente: (PAREDES, 2013)

La asimilación del nitrógeno fijado varía dependiendo del organismo fijador. En los apartados siguientes se distinguen entre microorganismos fijadores en vida libre y en simbiosis.

2.5.3. Fijación de nitrógeno en simbiosis

Existen 3 formas de asociaciones fijadoras: Rizocenosis, simbiosis asociativas y Rizoendosimbiosis. La Rizocenosis consisten en la interacción entre el microorganismo del suelo con los géneros *Azotobacter* *Azospirillum* y *Beijerinckia* los cuales colonizan el suelo rizosferico y las raíces de las plantas en respuesta a la indudable ventaja ecológica establecida por la alta relación C/N que en estos trabajos se establece (PAREDES, 2013).

La mayoría de los trabajos de investigación en bacterias diastrofias, asociadas a las raíces de las plantas de interés agrícola se han encontrado en dos géneros bacterianos: *Azotobacter* y *Azospirillum*, que aunque similares en algunos aspectos morfológicos se encuentran claramente diferenciados desde el punto de vista filogenético. Estos diastrofos son quizás los que se aíslan e identifican de una forma más constante con los cereales (PAREDES, 2013).

2.5.4. Fijación de nitrógeno de vida libre

Entre los microorganismos fijadores de nitrógeno en vida libre existen anaerobios estrictos, anaerobios facultativos y aerobios. Dentro de cada uno de los grupos existen géneros capaces de tomar la energía de sustancias químicas (Quimiotrofos) o de tomar de la luz (fotótrofos). Tomando la contribución La mayor contribución de nitrógeno fijado a los ecosistemas terrestres proviene de las siguientes asociaciones (PAREDES, 2013).

- Asociación Rhizobium-leguminosa que se encuentran: en sistemas cultivados o pasturas naturales de leguminosas. Se puede estimar que el 50% del nitrógeno fijado en la tierra proviene de las asociaciones Rhizobium-leguminosa.

Cuadro 2. Organismos fijadores de Nitrógeno libre

Características Fisiológicas	Género	Capacidad fijadora de N
Bacterias Heterotróficas		
Aeróbicas	Azotobacter, Beijerinckia, Pseudomonas, Azospirillum, Methylococcus, Methylobacter	Fijan en presencia de O ₂ pero con muy baja eficiencia: 05 a 1 Kg N/ha/año.
Aerobios facultativos	Bacillus, Escherichia, Klebsiella, Enterobacter, Clostridium	Fijan sólo en ausencia de O ₂ : 1 Kg N/ha/año.
Bacterias Autotróficas fotosintéticas	Rhodospseudomonas Chromatium, Rhodospirillum	Fijan sólo en ambientes
Quimioautotróficas	Thiobacillus	
Cianobacterias (antes algas azulverdosas)		
Filamentosas heterocistos	con Anabaena, Nostoc	10 a 50 Kg N/ha/año.
Filamentosas heterocistos	Plectonema, Trichodesmium	Fijan en ambientes pobres en O ₂ .
Unicelulares	Gloeocarpa	Fijan en presencia de O ₂ .
Fijación asociativa		
Rizósfera de Paspalum Noratum	Azotobacter paspali	5 a 10 Kg N/ha/año.
Digitaria decumbens	Azospirillum lipoferum Azospirillum brasilense	Hasta 30Kg N/ha/año.
Oriza sativa (arroz)	Azotobacter, Beijerinckia, Pseudomonas, Arthrobacter	20 a 50 Kg N/ha/año.
Filósfera de Plantas		Parece ser muy baja.

Fuente: (PAREDES, M. 2013) .

- Asociaciones Actomycetes - plantas en ciertos forestales de regiones templadas.

- Asociaciones Oriza-Azotobacter, Beijerinckia, Pseudomonas o Arthrobacter en sistemas inundados (arroz).

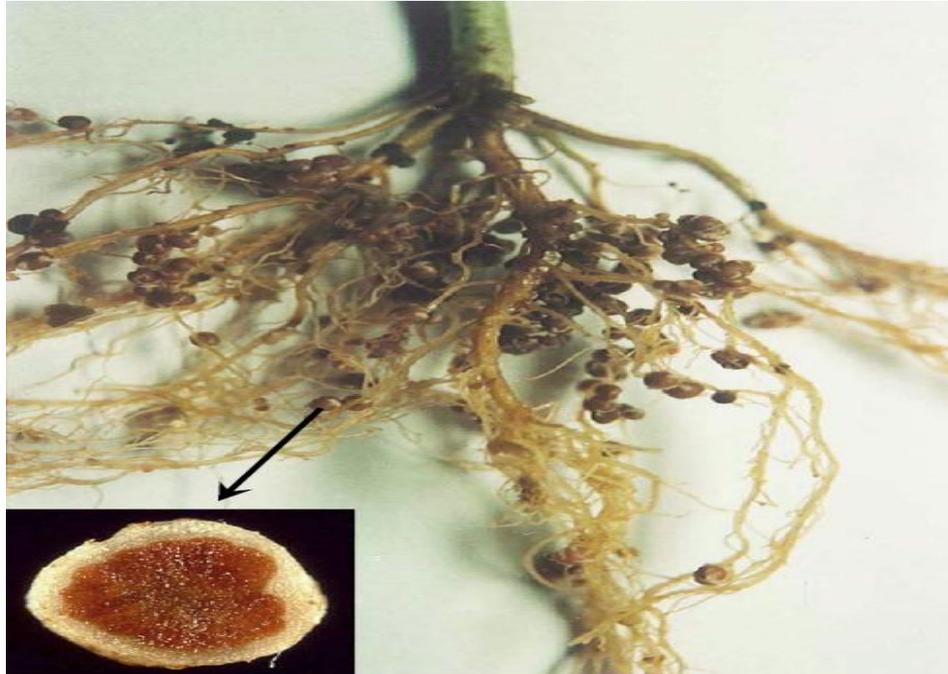
2.5.5. Simbiosis *Rhizobium* leguminosa

Este tipo de asociación es la que proporciona mayor cantidad de nitrógeno en los ecosistemas terrestres, teniendo además un gran impacto a nivel agronómico y ecológico. En esta asociación la reducción del nitrógeno se lleva a cabo en unas estructuras morfológicamente definidas denominadas nódulos que se forman por la asociación de microorganismos de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* y *Mesorhizobium* en raíces de la leguminosa. La asociación entre el microsimbionte, la especie de *Rhizobium*, y la leguminosa es específica y solo se establece cuando en el suelo existe el rizobio o rizobios característico de la planta. En general el rizobio infecta a la leguminosa a través de un pelo radicular. El proceso se lleva a cabo en una serie de etapas que se inician con el reconocimiento, sigue con la infección, el desarrollo del nódulo y la fijación del nitrógeno propiamente dicha (FERNANDEZ Y PASCUAL, 1984)

2.5.6. Descripción del género *Rhizobium*

Los *Rhizobium* son microorganismos capaces de inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia Leguminosae (y en sólo otra no leguminosa, *Parasponia*). Algunos rizobios también son capaces de inducir nódulos en el tallo de leguminosas (*Sesbania*, *Aeschynomene*). Los rizobios se encuentran dentro del orden Eubacteriales y la familia Rhizobiaceae. Son bacilos de 0,5 a 0,9 nm de

ancho y 1,2 a 3,0 nm de longitud, son bacterias Gram negativas y no esporulan. Son móviles debido a flagelos peritricos o a un flagelo polar o subpolar.



Fuente: PORTALFRUTICOLA (2016)

Figura 4. Nódulos de *Rhizobium* en las raíces de la planta.

2.6. Absorción, asimilación y removilización de N, por las plantas

El N llega a las raíces de la planta a través del proceso denominado "flujo masal", o transporte en la solución del suelo siguiendo un gradiente hídrico (el N es llevado por el flujo transpiratorio de la planta). A mayor contenido de agua en el suelo, concentración del nutriente en la solución, tasa transpiratoria de la planta y temperatura del suelo y aire, mayor será la absorción de N por la planta. La planta puede absorber N tanto bajo la forma de nitrato (NO_3) como de amonio (NH_4). Estos iones llegan en primera instancia al espacio libre de la raíz (paredes celulares). La absorción de nitrato se realiza contra un gradiente electroquímico (las raíces tienen carga negativa al igual que el ión nitrato, y la concentración de este último es mayor en las células de la raíz que en el suelo

que la circunda), implicando, por lo tanto un gasto de energía metabólica (ATP). La absorción de amonio se realiza a través de mecanismos pasivos, sin gasto de energía (NOVOA Y LOOMIS, 1981).

La principal fuente de N para las plantas es la materia orgánica del suelo, a partir de la cual se genera amonio y nitrato. El nitrato, una vez absorbido es reducido con gasto de energía proveniente de la fotosíntesis. El amonio no necesita ser reducido y es incorporado rápidamente a aminos y amidas dado que no puede ser almacenado porque es tóxico para la planta. Bajo condiciones de baja irradiancia, la absorción y reducción de N y la fijación y reducción del carbono pueden entrar en competencia por la energía disponible (UHART Y ECHEVERRÍA, 2002).

2.7. Factores que afectan el contenido total de N del suelo

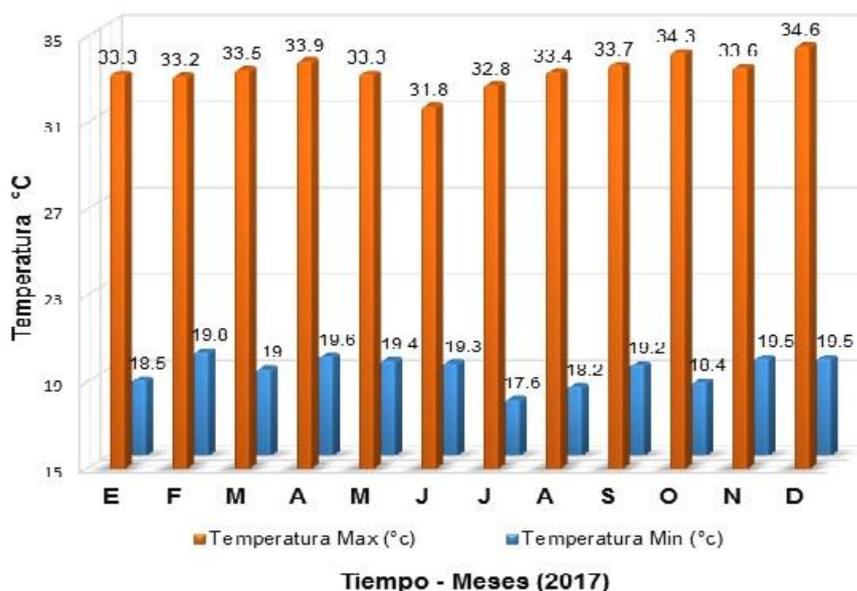
2.7.1. Clima y vegetación

El clima, actuando a través de la temperatura y la humedad, junto con el tipo de vegetación, determinan la cantidad de N de suelos que nunca han sido laboreados. Estudios realizados muestran la relación existente entre estas variables para transectas Norte-Sur de cuatro regiones climáticas del centro de EEUU. En cada región el nivel de humedad es similar, pero la temperatura media anual aumenta hacia el sur (STEVENSON, 1982).

El efecto de la temperatura en las distintas regiones fue similar; el contenido de N de los suelos bajó entre un tercio a la mitad por cada aumento de 10 °C. Este resultado se debe a que la temperatura afecta de modo diferencial la actividad de los microorganismos y de las plantas. (STEVENSON, 1982).

2.7.2. Temperatura

En climas donde la temperatura es baja, la actividad de los microorganismos es escasa y, por lo tanto, la velocidad de descomposición de los restos y de la materia orgánica también es muy baja. Además, la temperatura mínima para el crecimiento de las plantas es menor que para el crecimiento de los microorganismos. Por lo tanto, con temperaturas bajas se registra más la actividad microbiana que la actividad fotosintética de las plantas (PARDOMO, 2001). La razón de nitrificación es afectada por la temperatura. La actividad máxima de nitrificación se registra a lo largo de un rango amplio de temperaturas, que por lo general se extiende de 15 a 35°C. Cuando la temperatura desciende de los 15°C, la razón de nitrificación cae abruptamente, reduciéndose a un 50% cuando la temperatura baja a 12°C. (PAINTER, 1977).



Fuente: SENAMHI – ESTACIÓN METEOROLÓGICA: TINGO MARIA

Figura 5. Temperaturas (°C) Max y Min anual, durante el periodo Tingo María 2017

2.7.3. Humedad

En condiciones de exceso de humedad (suelos hidromórficos) disminuye más la actividad microbológica que la velocidad de producción de material vegetal. Una situación extrema se da en suelos permanentemente inundados, donde la descomposición de los restos frescos se ve muy reducida, produciendo lo que se conoce como suelos hidromórficos.

2.7.4. pH

El proceso de nitrificación es afectado por el pH. Se han reportado diferentes valores de pH óptimo para el proceso de nitrificación; no obstante, se observa una tendencia marcada a que según disminuye el pH, la razón de nitrificación también disminuye (SHAMMAS, 1986). Generalmente el pH óptimo para este proceso oscila entre 8 y 9. Los límites de tolerancia mínimo y máximo oscilan entre 5.5 y 6.7 y entre 9.6 y 10.4, respectivamente.

2.7.5. En la nitrificación

Presencia de oxígeno Las nitrobacterias son microorganismos aerobios estrictos, por lo que en condiciones anaerobias este proceso se detiene, acumulándose NH_4^+ .

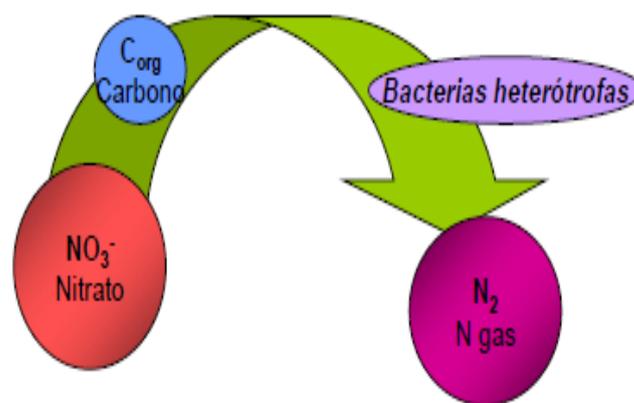
Temperatura El rango óptimo para que se produzca la nitrificación es cercano a 30°C . pH Estos microorganismos requieren también condiciones de pH de los suelos no muy extremas, con valores óptimos de pH entre 5,5 y 7,5. Si el pH es mayor a 7 se afecta más el pasaje de NO_2^- a NO_3^- , mientras que cuando el pH es superior a 8 se afecta el pasaje de NH_4^+ a NO_2^- .

2.7.6. Desnitrificación

Resumen al proceso de desnitrificación

Proceso mediante el cual los NO_3^- y NO_2^- producidos en el primer proceso son reducidos a la forma gaseosa N_2 . La mayor parte de las bacterias que utilizan el NO_3^- como aceptor de electrones son heterótrofas anaerobias facultativas o anaerobias aerotolerantes (VERA, 2013).

DESNITRIFICACIÓN: Anóxica



Fuente: VERA, 2013

Figura 6. Resumen del proceso de desnitrificación

La desnitrificación es un proceso de reducción biológica realizado en el suelo por un gran número de microorganismos anaerobios facultativos. En condiciones de anaerobiosis estos microorganismos utilizan el NO_3^- y el NO_2^- en lugar de O_2 como aceptores de electrones (e^-), produciendo dos formas gaseosas de N, N_2O (óxido nitroso) y N_2 (N molecular). Este proceso se puede expresar como: $\text{NO}_3^- + e^- \rightarrow \text{NO}_2^- + e^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} (\text{gas}) + e^- \rightarrow \text{N}_2 (\text{gas})$ (HAUCK, 1981), basándose en resultados de ensayos con ^{15}N estima que en promedio, del 25 al 30% del N aplicado como fertilizante se pierde por este proceso.

Factores que afectan las pérdidas por desnitrificación:

Algunos estudios preliminares sugieren que las temperaturas de invierno no limitarían totalmente la desnitrificación. En ensayos de laboratorio, PERDOMO Y DODERA, 1989, midieron la tasa de desaparición de NO_3^- en muestras incubadas a distintas temperaturas. Para las muestras incubadas in situ en el suelo por dos días (temperaturas de suelo promedio de $11.5\text{ }^\circ\text{C}$), la tasa de desaparición de nitrato fue el 70% de la tasa máxima ($28\text{ }^\circ\text{C}$). Luego de dos días de incubación a $11.5\text{ }^\circ\text{C}$ había desaparecido un 36% del NO_3^- agregado, mientras que a los 7 días las pérdidas fueron totales.

2.7.7. La volatilización

La volatilización, junto con la desnitrificación son los procesos del ciclo del N mediante los cuales el N vuelve a la atmósfera. El término volatilización se utiliza para describir el proceso de pérdida de N del suelo como amoníaco (NH_3). Basándose en una revisión de resultados de experimentos de balance de N usando ^{15}N , Hauck estima que las pérdidas de N por ese proceso del fertilizante nitrogenado aplicado serían en promedio del orden del 15 a 20%. El NH_4^+ intercambiable del suelo (NH_4^+ (int)) se encuentra en equilibrio con el NH_4^+ disuelto en la solución del suelo (NH_4^+ (sol)) Este proceso de pérdida comienza cuando el NH_4^+ (sol) en medio alcalino pasa a formar NH_3 disuelto en la solución del suelo (NH_3 (sol)), de acuerdo a la reacción [1]. NH_4^+ (sol) \rightleftharpoons NH_3 (sol) + H^+

Las mayores cantidades de pérdida de NH_3 por volatilización se obtienen normalmente en suelos con contenidos altos de humedad que se están secando (NELSON, 1982).

2.8. Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth)

Es una leguminosa tropical herbácea permanente, vigorosa, voluble y trepadora de raíces profundas. Echa raíces en los nudos formando ramas laterales o secundarias que se entretajan en una masa de vegetación de 75 cm. de alto 9 meses después de la siembra, sofocando y eliminando a las malezas. Originaria del Asia Sudoriental, Malasia e Indonesia, se encuentra muy difundida en los trópicos húmedos del mundo. En la sequía se desprenden las hojas pero sobrevive rebrotando en las próximas lluvias. Se propaga naturalmente por rizomas colonizando extensas zonas aptas con suficientes precipitaciones. Tiene alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo e incorporarlo, sea como abono verde o por la caída de sus hojas. Se estima un aporte de 600 Kg. de Nitrógeno por hectárea al año (GOMÉZ, 2003).

2.8.1. Características

- Nombre Científico: *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth
- Clasificación: *Papilionácea*
- Tipo de Suelo: Media a alta fertilidad
- Precipitación Pluvial: Superior 900 - 2,000mm anuales
- Resistencia a Humedad: Media
- Hábito Crecimiento: Trepadora estolonífera
- % Proteína en M.V.: 23%
- Asociación: Gramíneas
- Palatabilidad: Buena
- Ciclo hasta florecimiento: 90 días, es perenne.
- Fijación de Nitrógeno: 100 a 120 Kg./ha

- Uso: Cultivo de cobertura, pastoreo y banco de proteína.
- Se consideran estos datos en pastizales manejados técnicamente (Fertilización, Preparación del suelo, Rotación de Potreros, Compactación, etc. (BERNAL, 2002).

2.8.2. Conservación y mejora el suelo

Kudzu se ha utilizado como una forma de control de la erosión y también para mejorar el suelo, como una leguminosa, que aumenta el nitrógeno en el suelo a través de una relación simbiótica con las bacterias fijadoras de nitrógeno. Sus raíces pivotantes profundas también transfieren valiosos minerales del subsuelo a la superficie del suelo, mejorando así la capa superior del suelo. En la sección deforestada de la cuenca del Amazonas en el centro de Brasil, se ha utilizado para mejorar el suelo de poros espacio en latosoles arcilla, liberando de este modo aún más agua para las plantas que en el suelo antes de la deforestación (BERNAL, 2002).

2.9. Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos con densidades superiores a 5 gr/cm³, pesos atómicos mayores a 44,956 y números atómicos superiores a 20, excepto los elementos de los grupos alcalino, alcalinotérreo, lantánidos y actínidos. Los metales pesados se pueden clasificar en esenciales (Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, V), los cuales cumplen alguna función biológica a concentraciones traza y en no esenciales (Cr, Cd, Hg, Pb, As, Sb), cuando no cumplen ninguna función biológica conocida (ROMERO, R. 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de ejecución

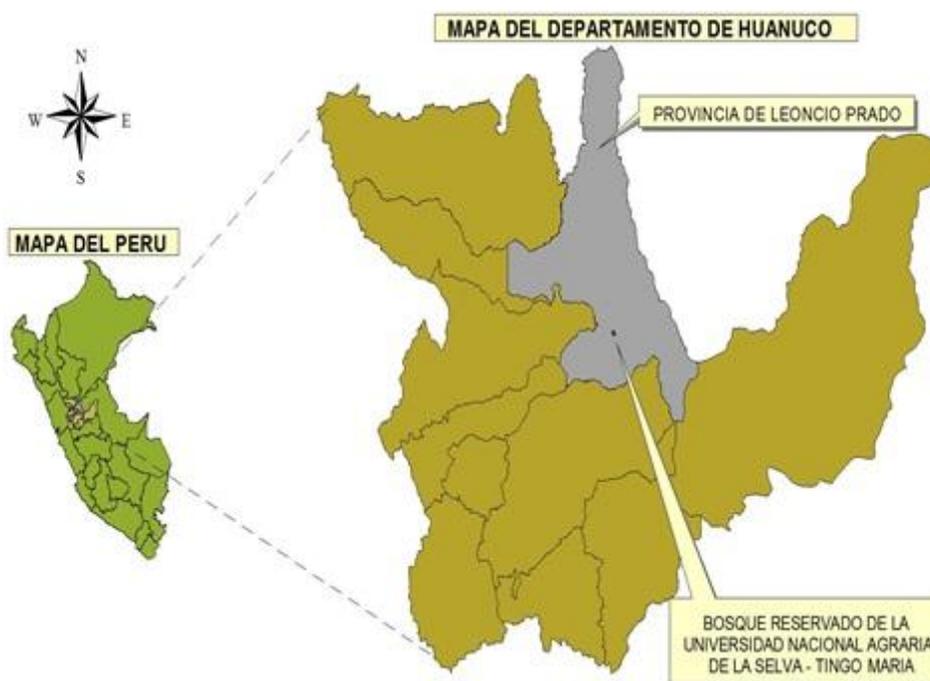
Geográficamente La Planta de Compostaje de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado está ubicada en las coordenadas UTM son 18L 390079 m E; 8975259 m S, con una altitud de 670 m.s.n.m. dentro del empalme Tingo María hoja 19-k de la Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional, correspondiente a la Región Selva Alta, a la cual se accede por vía terrestre, por la carretera afirmada de Lima a Tingo María. La Universidad Nacional Agraria de la Selva, está ubicado a 1,5 Km de la carretera Tingo María – Huánuco.

3.1.1. Aspectos ambientales

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Tropical, y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta. Hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Huallaga; el comportamiento climático es variable, con una precipitación anual promedio de 3328.9 mm. Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de febrero con un promedio mensual de 608.4 mm. En los últimos años se han

registrado los siguientes datos climatológicos relacionados con el proyecto (Estación meteorológica José Abelardo Quiñones, 2010):

Temperatura máxima	: 30,70 ° C
Temperatura mínima	: 18,90 ° C
Temperatura promedio	: 24,90 ° C
Humedad relativa promedio	: 86 %
Velocidad del viento máxima	: 22,2 m/s



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 7. Ubicación del lugar de ejecución.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Malla Rashell (60% de luminosidad).
- 08 postes de madera (2, 2 m).

- 01 rollo de alambre duro galvanizado blanco.
- 01 rollo de alambre simple.
- 32 tablillas de madera (0, 10x2, 00m).
- 04 armellas, 1 Kg de clavos de 4" y 2".
- 4 m. de plástico (4mx4m).
- 2 m. de mantada (2mx2m).
- 02 ovillos de rafia, Cuaderno de campo.
- Guantes PVC reforzado T9.
- Machete, lampa, pala, machete, serrucho, martillo.
- Mascarilla (Redline Respirador 2 vías sin cartucho).
- Zaranda con mallas de 1 cm x 1 cm.
- Wincha Stanley Cinta métrica 60 m.
- Bolsas herméticas Ziploc.

3.2.2. Equipos

- Cámara fotográfica digital Sony.
- Multiparámetro portátil Thermo – modelo Orion 4 Star
- Termómetro Higrómetro digital (Margen de error: Humedad relativa: 5% y temperatura: 1°C).
- Medidor de pH/mV/°C portátil con ATC y calibración automática. cast.pm hi 8424 (0.01- +).
- GPS Garmin Map 64s (5m- +).
- Balanza Mecánica de ½ tonelada – PMA (200gr- +).

3.2.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico H₂SO₄, 96% densidad 1,84 kg/L.

- Ácido salicílico $C_7H_6O_3$.
- Sulfato de potasio K_2SO_4 .
- Sulfato de cobre $CuSO_4$.
- Dióxido de titanio TiO_2 .
- Solución de NaOH.

3.2.4. Sustratos

- 345 kilos de Compost de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado (Planta de Compostaje, Shapajilla). Año 2017.

3.2.5. Semilla

- 50 gramos de semilla de Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth), marca Gémula E.I.R.L.

3.3. Metodología

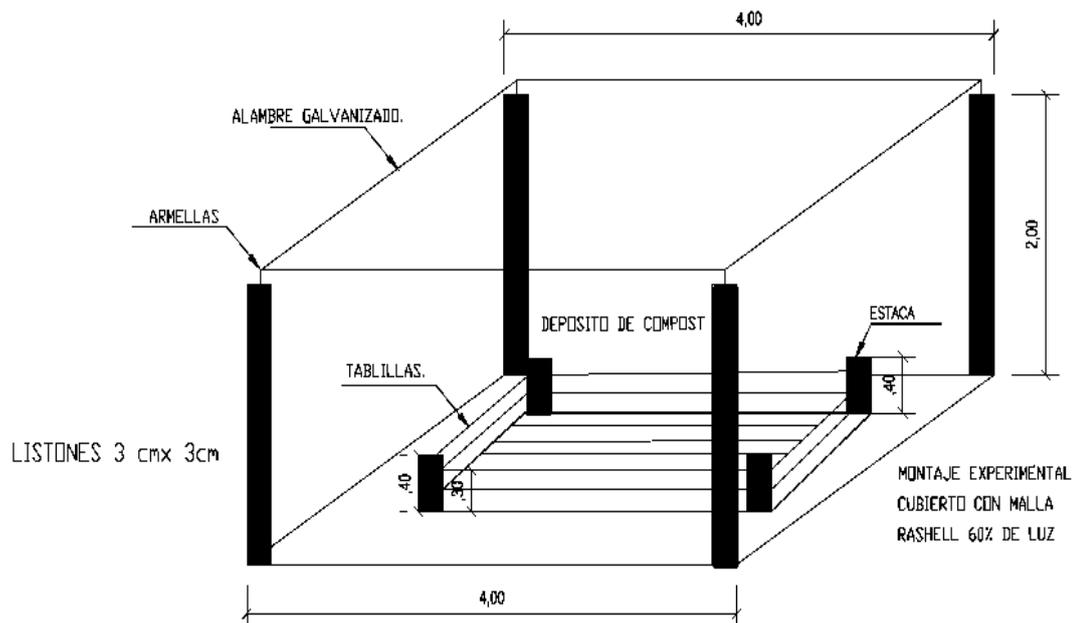
La presente tesis se enmarca en el área de la investigación experimental, basándose en un método químico y biológico ya que, para fines de validación de la hipótesis, planteamiento del problema y los objetivos de la investigación se empleó la experimentación a escala de laboratorio. Teniéndose en cuenta lo siguiente:

3.3.1. Fase de pre campo

3.1.1.1. Implementación de un montaje experimental

Se adecuó una estructura (montaje experimental), para facilitar el crecimiento de las leguminosas de la kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth) sobre el compost, en un área de 16 m² (4m x4m), cuya área estuvo delimitado por cuatro postes de 2 m de altura y en su interior un área cuadrada de 4m² (2m x 2m) que fue designado para la evaluación experimental. En aquella

área se depositó el compost y sobre ella se sembró la leguminosa, cuya cama tuvo un espesor de 40 cm, como cobertura para el crecimiento de las raíces (nódulos) de la leguminosa. El área total estará cubierta con una malla Rachel (60% de luminosidad) para controlar intensidad luminosa en su interior del montaje y sobre la cama se colocó un plástico movible para proteger de la lluvia excesiva de la época y posibles pérdidas de macronutrientes debido al exceso de agua, también para amortiguar los daños que se le puede ocasionar al compostaje. La malla Rachel estará sujeto con 04 postes ya mencionados. Por último, se colocó un letrero de identificación del estudio experimental.



Fuente: Elaboración propia (2018).

Figura 8. Montaje experimental.

3.3.1.2. Adecuación del compost al estudio

Una vez adecuado el espacio experimental (cama) se depositó el compost esparciéndolo de manera uniforme, manteniendo una altura de 40 cm de espesor, luego se humedeció controladamente para sembrar las plantas de la leguminosa kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth), en sus respectivos tratamientos.

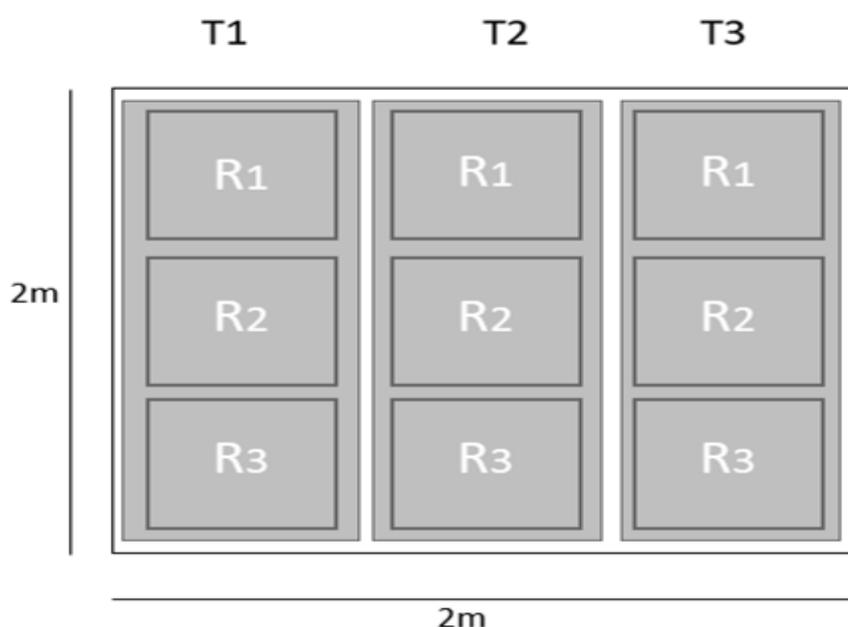


Figura 9. Representación de los tratamientos y repeticiones en el espacio experimental (cama).

Al finalizar la fase de campo en el presente estudio de investigación, se llevó cada uno de las muestras (tratamientos - repeticiones) para sus respectivos análisis en el laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.2. Fase de campo

3.3.2.1. Evaluación del pH y la temperatura en el proceso de incremento de nitrógeno.

- Registro de datos de pH

Los datos de pH obtenidos semanalmente durante los 2 meses de evaluación, se observó la variación de este parámetro, Para el cuál se tomó muestras de 50 g. por tratamiento.

Cuyo procedimiento de evaluación de la muestra consistió en la dilución en una relación de volumen (que ocupa los 50g de compost / volumen (de agua mesa) igual a 1/1, y con la ayuda de un pH metro digital portátil se procedió a registrar los datos.

- Registro de datos de temperatura del sustrato

Para registrar los datos de temperatura se necesitó la ayuda de un termómetro digital, con la cual se obtuvo datos de manera continua (durante los 2 meses de evaluación), para una mayor comprensión de este parámetro.

Se elaboró una ficha donde se apuntó los datos registrados de temperatura como de humedad y pH del suelo tomados 9.00 am

3.3.2.2. Determinación de los principales macronutrientes (K, P, Ca, Mg) antes y después del tratamiento.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se tomaron 3 tratamientos de muestras con sus respectivas 3 repeticiones en total se

analizaron 9 muestras de compost, todos estos análisis se realizaron por encargo (pago por análisis).

- **Determinación de Nitrógeno Total - Kjeldahl (N)**

Se utilizó el método Kjeldahl (TMECC 04.02 A Nitrogen) (CANALES Y PADILLA, 2010). En este método, la muestra pasó por un proceso de digestión, se agregó H_2SO_4 y catalizador a la muestra y se calentó, así el nitrógeno orgánico es convertido en forma $(NH_4)_2SO_4$. Posteriormente, pasó por un proceso de destilación, en donde, con la adición de NaOH (con el fin de neutralizar del H_2SO_4 residual y dar un carácter alcalino a la solución $(NH_4)_2SO_4$, el $N - NH_4^+$ es transformado en forma de NH_3 y se juntó en un receptor con solución de ácido bórico e indicador Groak; se tituló con H_2SO_4 hasta que el indicador cambie de color verde a rojo violeta. Los miliequivalentes del ácido usados en esta titulación equivalen a los miliequivalentes de N en la muestra (BREMNER, 1996; GUERRERO, 1997; KAÚRICHEV, 1980).

Nitratos

La determinación de nitratos se realizó mediante espectrofotometría en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria Selva.

$N - NH_4^+$ Soluble

La determinación del $N - NH_4^+$ soluble se basó en una destilación tipo Kjendahl; pero sin realizar la digestión de la muestra, tal como se indica a continuación (BARRENA, 2006).

Procedimiento:

- Se preparó el extracto con agua destilada en una relación 1:5 (p/v). Se pesó 10 g de la muestra en una balanza digital con precisión 0.01 g y se introdujo en un Erlenmeyer de 250 ml junto con 50 ml de agua destilada. Se agitó durante 30 minutos en un agitador magnético. Se centrifugó el sobrenadante durante 15 minutos a 3000 rpm y después se filtró. Se traspasó una alícuota de 10 ml de este extracto a un tubo de destilación Kjeldahl. Se añadió NaOH (35% p/p) en exceso con el dosificador. Se destiló y se recogió el destilado obtenido en un Erlenmeyer de 250 ml con aproximadamente 100 ml de ácido bórico al 4% y unas gotas de indicador mixto. Se valoró el destilado con HCl (0.25 N). Se realizó un blanco con agua destilada. Se calculó los miligramos de N – NH₄⁺ soluble por gramo de residuo según la ecuación:

$$(N - \text{NH}_4^+ \text{ soluble}) \frac{\text{mg}}{\text{g}} = \left[\frac{(V_1 - V_0) \times N \times 14 \times V_{\text{ag}}}{10 \times P} \right]$$

Siendo:

V₁: volumen de HCl consumido en la valoración (ml)

V₀: volumen de HCl consumido en la valoración del blanco (ml)

V_{ag}: volumen de agua utilizado para hacer el extracto (ml)

P: peso de la muestra (g)

N: normalidad del HCl utilizado en la valoración

3.3.3. Fase de gabinete

Esta fase se desarrolló terminada la fase de pre campo y campo, terminando los análisis de laboratorio, esta fase también incluye el análisis, la interpretación de los resultados y la redacción del informe final.

3.3.3.1. Determinación del mayor porcentaje de incremento del nitrógeno total, en el compost

Se determinó el porcentaje de incremento de nitrógeno total, mediante los postulados de MARCOVECCHIO y MORENO (1991), definen el porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Incremento } N_2 = \left[\frac{(C_f - C_i)}{C_f} \right] 100$$

Dónde:

Ci: Concentración inicial de N₂ total (% base seca)

Cf: Concentración final de N₂ total (% base seca).

3.3.3.2. Diseño de la investigación

En esta investigación se desarrolló un diseño experimental de estimador creciente, análisis estadístico, diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, incluido un tratamiento testigo, para comparar la media de los valores de diferentes parámetros se aplicó el test de Tukey con una diferencia significativa al 5 por ciento del nivel de probabilidad, ya que se basa en la obtención de la información, manipulando variables

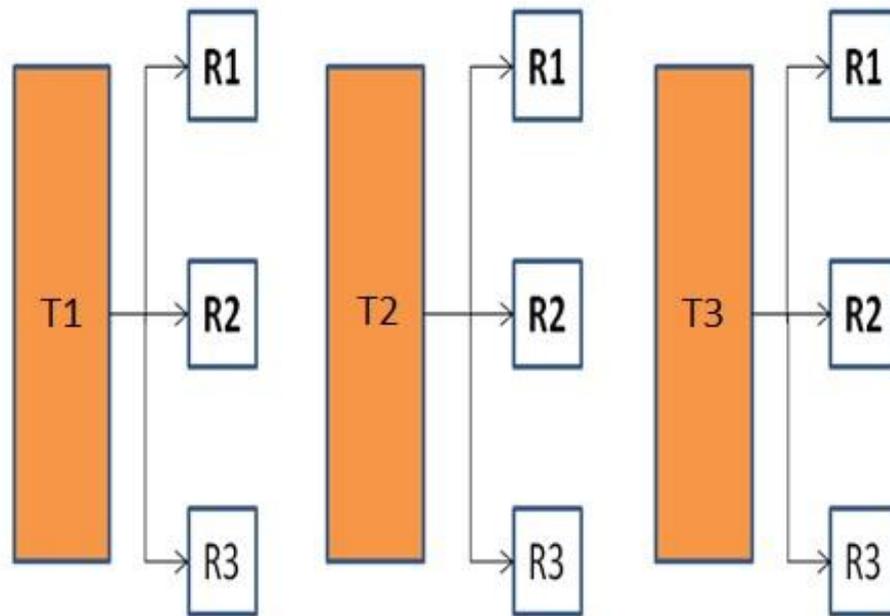


Figura 10. Diagrama de los tratamientos con sus respectivas repeticiones

Dónde:

- T1: (testigo): Compost sin leguminosa
- T2: Compost + leguminosas (2 plantones x repetición)
- T3: Compost + leguminosas (4 plantones x repetición)

a) Variables

- Independiente: Número de *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth en crecimiento,
- **Dependiente:** Nitrógeno en el compost

b) Indicadores

- **Independiente:** Número de vegetales usados
- **Dependiente:** % de Materia seca

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del pH y la temperatura en el proceso de incremento de nitrógeno

4.1.1. Determinación del pH, en los tratamientos

En el Cuadro 03 se muestra los datos obtenidos de pH, en el transcurso de las 08 semanas evaluadas en el proceso de incremento de nitrógeno.

Cuadro 03. Datos obtenidos del pH, en el proceso de incremento del nitrógeno.

Semana	pH		
	T1	T2	T3
1	8.6	8.7	8.6
2	8.7	8.8	8.7
3	8.6	8.8	8.7
4	8.7	8.9	8.8
5	8.6	8.8	8.8
6	8.6	8.9	8.8
7	8.7	8.9	8.8
8	8.7	8.9	8.8

Fuente: Elaboración propia (2018).

En la Cuadro 3 y Figura 11 se muestra el comportamiento del parámetro pH evaluados en los diferentes tratamientos y repeticiones, en función del tiempo (08 semanas), cuyos valores oscilan entre 8.6 a 8.7 en el 1er tratamiento (testigo)

(T1), de 8.7 a 9 en el 2do tratamiento (T2) de 8.6 a 8.8 en el 3er tratamiento en la escala del pH.

Observamos un significativo crecimiento de pH durante el tiempo evaluado (semanas) entre los tratamientos, el 2do tratamiento (T2) es el tratamiento con mayor crecimiento de pH, el tratamiento (testigo) (T1) es el que presenta menor crecimiento de pH.

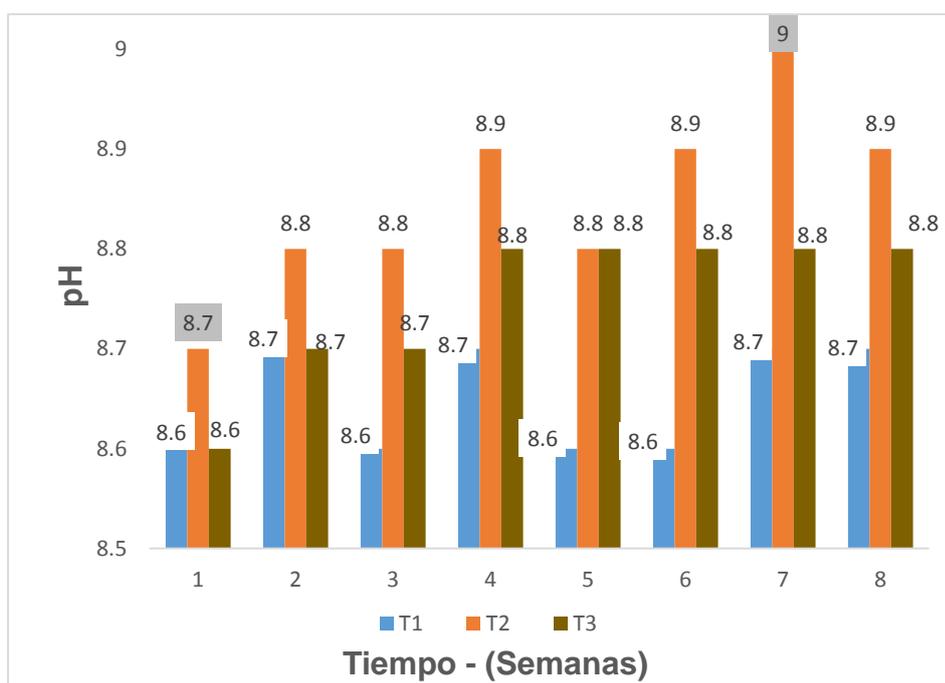


Figura 11. Variación del pH por cada semana de evaluación.

4.1.2. Determinación de la Temperatura, en los tratamientos

En el Cuadro 4 y la Figura 12 se muestra la temperatura en °C durante el tiempo que se realizó los tratamientos (08 semanas) en el que se observó que la temperatura fluctúa de 23.5 °C a 25.1 °C de acuerdo al tiempo de evaluación. Se observó una variación ascendente de la temperatura en todo el sistema. La temperatura está influenciada directamente por el tiempo y el clima de la zona. En esta zona de Rupa Rupa el clima es tropical con elevada precipitación, aunque este

año pudimos observar una variación de tiempo por la presencia del fenómeno del niño costero.

Cuadro 04. Datos obtenidos de la temperatura (C°) en el proceso de incremento del nitrógeno.

Semana	Temperatura (C°) ambiental		
	T1	T2	T3
1	23.5	23.5	23.5
2	23.5	23.5	23.5
3	24.1	24.1	24.1
4	24.1	24.1	24.1
5	24.3	24.3	24.3
6	25	25	25
7	25.1	25.1	25.1
8	25	25	25

Fuente: Elaboración propia (2018).

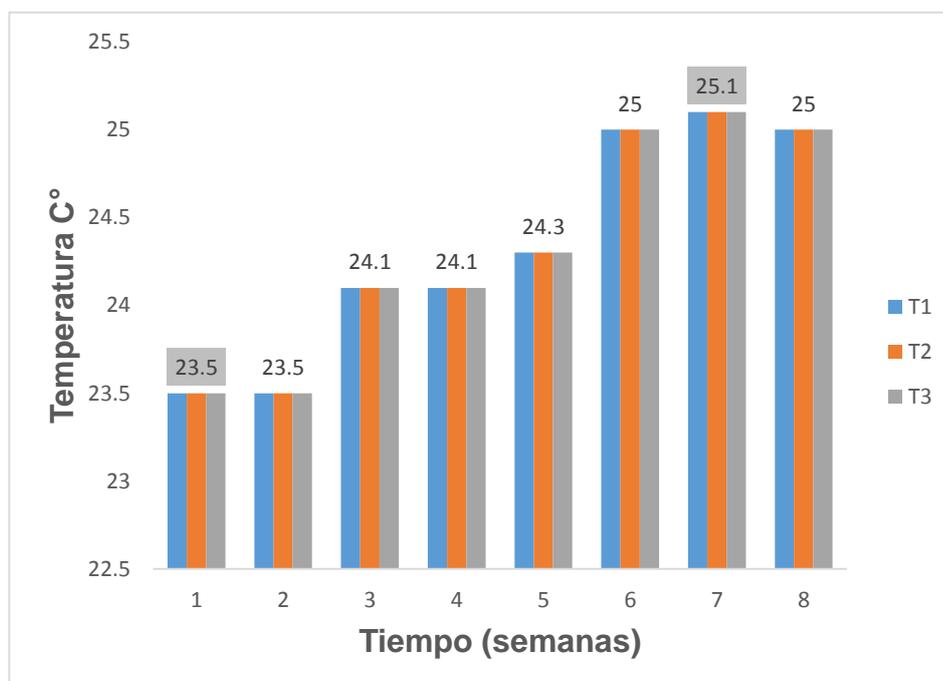


Figura 12. Variación de la T (°C) ambiental por cada semana de evaluación.

4.1.3. Determinación del % de Humedad – in situ

En la Figura 13 y Cuadro 5, se muestra el comportamiento del parámetro % de humedad evaluados en los diferentes tratamientos y repeticiones, en función del tiempo (08 semanas), cuyos valores oscilan entre 46.9 a 47.8 3 en el 1er tratamiento testigo (T1), de 46.8 a 47.6 en el 2do tratamiento (T2), de 46.9 a 47.5 en el 3er tratamiento (T3), del % de humedad. Observándose un ligero crecimiento en la 2da y 4ta semana de evaluación, podemos observar un descenso del porcentaje de humedad, se podría afirmar que fue influenciado por la temperatura de todo el sistema.

Cuadro 05. Datos obtenidos del % de humedad en el proceso de incremento de Nitrogeno.

Semana	% de Humedad		
	T1	T2	T3
1	47.6	47.3	47.2
2	47.8	47.4	47.4
3	47.4	47.2	47
4	47.8	47.6	47.5
5	46.9	47.6	47.2
6	47.2	47	47.4
7	47.2	47.1	46.9
8	47	46.8	46.6

Fuente: Elaboración propia (2018).

Cabe mencionar que este parámetro con respecto a los demás parámetros evaluados es el que más se alteró, o manipulamos, porque para sembrar la leguminosa – Kudzu, agregamos diariamente agua (regamos 330 ml de H₂O x tratamiento, en promedio).

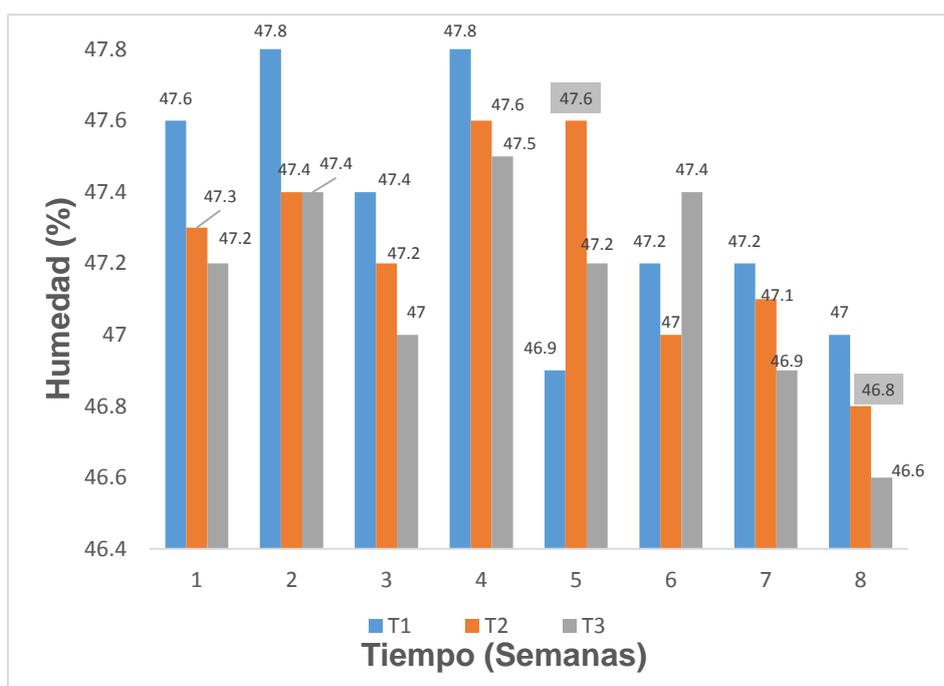


Figura 13. Variación del % de humedad por cada semana de evaluación – in situ

- Evaluación de parámetros en los tratamientos - laboratorio

4.1.4. Determinación del % de Humedad – muestra seca

En la Cuadro 6 y Figura 14 y se muestra la variación del parámetro % de humedad (ex situ) en función de los tratamientos, cuyos valores son: 0.98 en el 1er tratamiento testigo (T1), 1.33 en el 2do tratamiento (T2) y 2.34 en el 3er tratamiento (T3), del % de humedad. Observándose un incremento en los valores, respecto al tratamiento patrón (T1). El mayor valor encontrándose en el 3er tratamientos (T3) con 2.34 % de humedad.

Cuadro 06. Porcentaje (%) de humedad de la muestra seca.

	Tratamientos		
	T1	T2	T3
% Humedad	0.98	1.33	2.34

Fuente: Elaboración propia (2018).

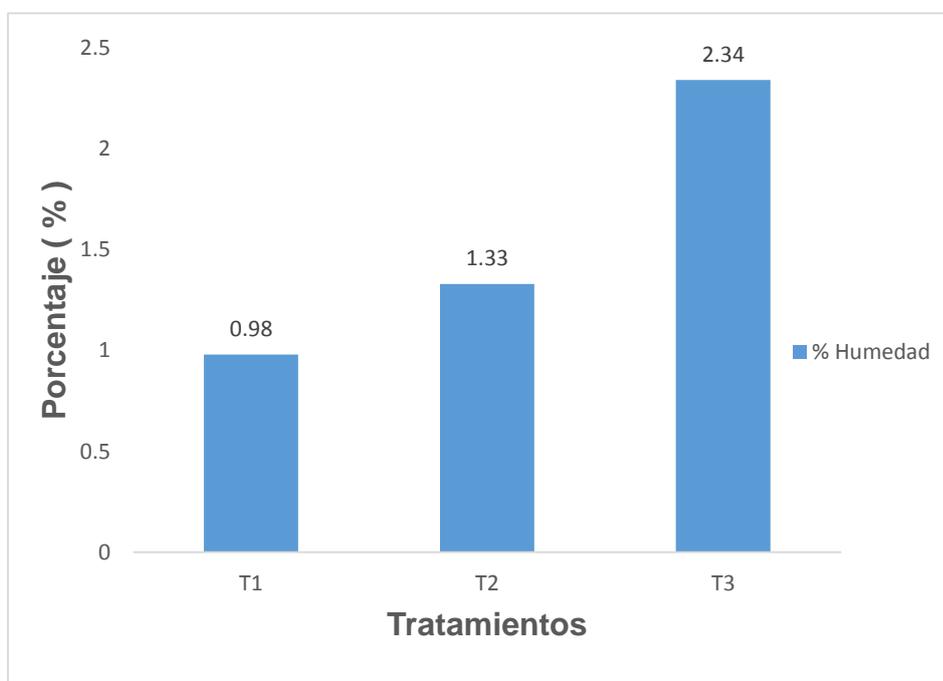


Figura 14. Variación del % de Humedad del compost seco con respecto a los tratamientos

4.1.5. Determinación del % de materia orgánica

En la Cuadro 7 y Figura 15 se muestra la variación del parámetro % de materia orgánica en función de los tratamientos, cuyos valores oscilan entre 13.68 en el 1er tratamiento patrón (T1), con 14.9 en el 2do tratamiento (T2), con 13.91 en el 3er tratamiento (T3) del % de materia orgánica. Observándose un incremento en

los tratamientos, respecto al 1er tratamiento patrón (T1). El mayor valor encontrándose en el 2do tratamientos (T2) con 14.9 % de materia orgánica.

Cuadro 07. Análisis de la materia orgánica, evaluado en cada tratamiento.

	Tratamientos		
	T1	T2	T3
% de Materia orgánica	13.68	14.9	13.91

Fuente: Elaboración propia (2018).

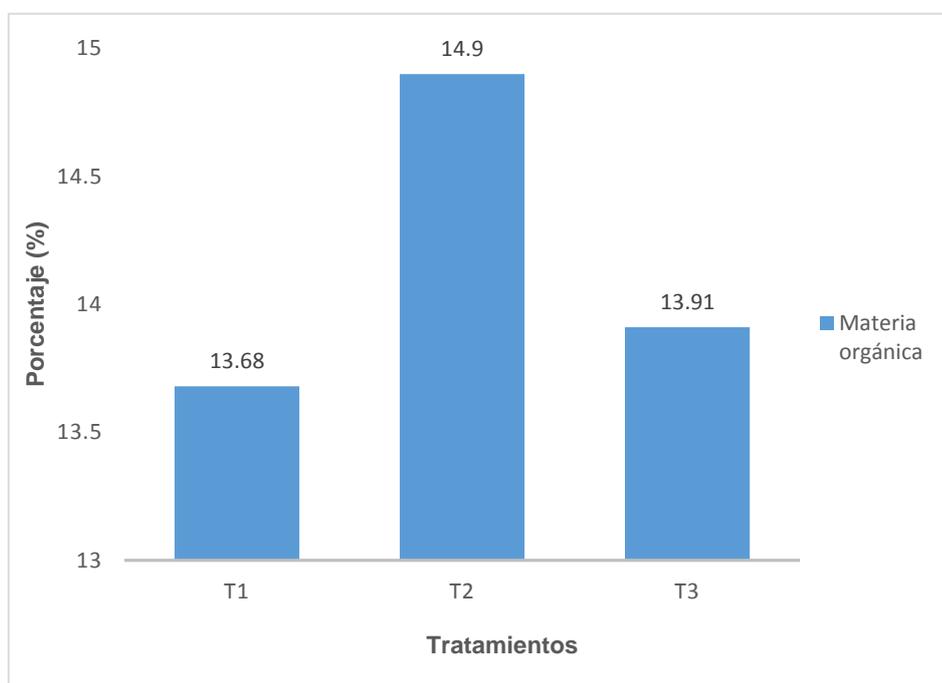


Figura 15. Variación del % de materia orgánica con respecto a los tratamientos.

4.2. Determinación de los principales macronutrientes (K, P₂O₅, Ca, Mg, Na), en el compost antes y después del tratamiento

En el Cuadro 8 muestra los datos obtenidos del % de los principales macronutrientes como K, P₂O₅, Ca, Na, y Mg, antes y después de los tratamientos.

Cuadro 08. Datos obtenidos de los principales macronutrientes.

%	Tratamientos		
	T1	T2	T3
K	2.68	2.75	2.74
P ₂ O ₅	0.12	0.22	0.17
Ca	3.97	4.91	4.13
Na	0.15	0.18	0.21
Mg	1.28	1.38	1.46

Fuente: Elaboración propia (2018).

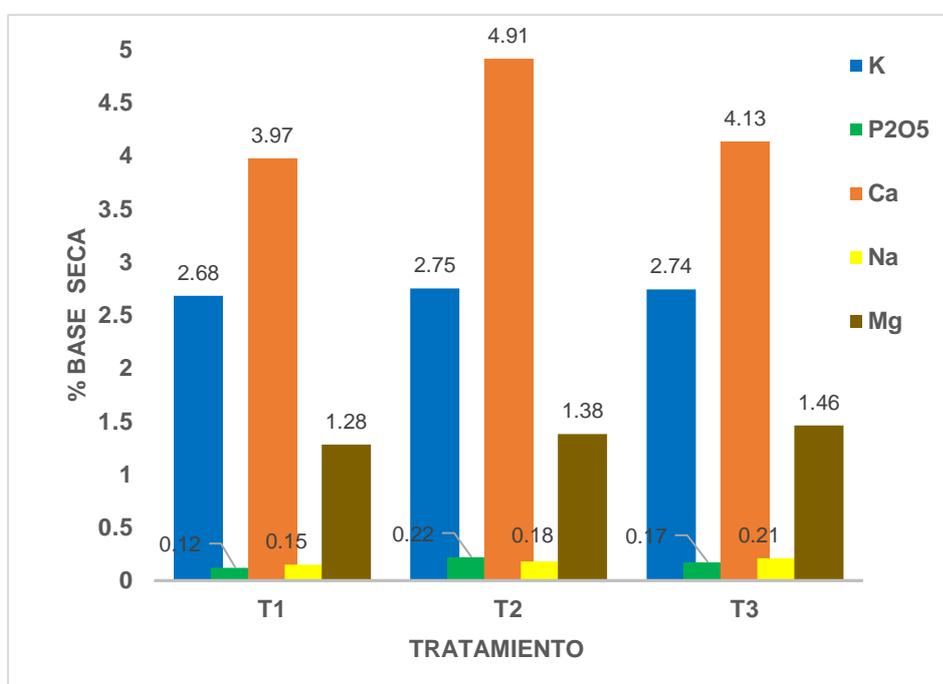


Figura 16. Variación del Ca (%), K (%), Mg (%), P₂O₅ (%), en función de los tratamientos.

En el Cuadro 8 y la Figura 16 se muestra la variación de los principales macronutrientes (Ca (%), K (%), Mg (%), P₂O₅ (%)) evaluados antes y después de los tratamientos con leguminosa Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), en función de los tratamientos. Observamos un significativo crecimiento de los principales macronutrientes.

Los macronutrientes más activos a incrementarse son el Ca y K, siendo el Ca el elemento que más se activó en todo el tratamiento pasando de 3.97 a 4.91 de % de Ca, seguido del K pasando de 2.68 a 2.75 % de K, de 1.38 a 1.38 % de Mg, de 0.12 a 0.22 % de P₂O₅ de 0.15 a 0.18 % de Na estos elementos alcanzando su mayor valor en el 2do tratamiento (T2).

4.2.1. Datos obtenidos de analices de los elementos Cu, Fe, Zn, Mn en los tratamientos

En el Cuadro 09 muestra los datos obtenidos de los elementos Cu, Fe, Zn, Mn, (metales pesados esenciales, micronutrientes) antes y después del tratamiento realizado al compost en estudio.

Cuadro 09. Datos obtenidos de los elementos Cu, Fe, Zn, Mn, antes y después del estudio

PPM	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Cu	22.33	22.33	19.33
Fe	1179	1187	1199
Zn	203.3	185.7	199.3
Mn	2370	2309.3	2494.7

Fuente: Elaboración propia (2018).

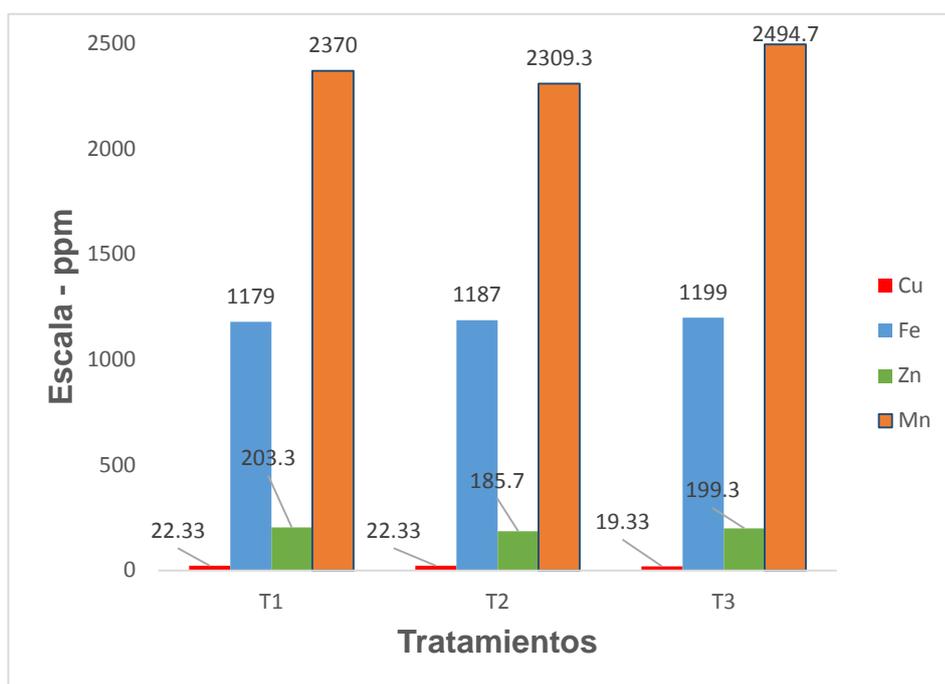


Figura 17. Variación del Fe (PPM), Mn (PPM), Zn (PPM), Cu (%) en función de los tratamientos.

En Cuadro 10 y la Figura 17 muestra la variación de los elementos: Cu, Fe, Zn, Mn, (metales pesados esenciales) evaluados antes y después de los tratamientos con leguminosa Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth). Siendo el Mn y Fe los elementos con un ligero descenso, respecto al 2do tratamiento pasando de 2370 a 2309.3 PPM de Mn en el 2do tratamiento (T2), de igual manera el Fe pasando de 1179 a 1187 PPM de Fe también en el 2do tratamiento (T2). Continuando de igual manera el Zn Pasando de 203.3 a 185.7 PPM de Zn en el 2do tratamiento (T2). Manteniendo una tendencia constante el Cu con 22.33 en el 2do tratamiento, pero con un ligero descenso en el 3er tratamiento. Todos analizados en el 2do tratamiento ya que es el tratamiento con mayor incremento de nitrógeno total.

4.3. Determinación el mayor porcentaje del incremento de nitrógeno total en el compost

En el Cuadro 10, se muestra los datos obtenidos del análisis del compost tratado con leguminosa kudzu. El porcentaje de nitrógeno total, para cada tratamiento y repetición, Con fecha de análisis de 10 de abril 2018

Cuadro 10. Resultado del análisis, datos porcentaje de nitrógeno total.

Tratamiento	Repetición	Nitrógeno (%)	Media \bar{x}
T1	1	0.64	0.73
	2	0.83	
	3	0.72	
T2	1	0.9	0.87
	2	0.91	
	3	0.81	
T3	1	0.81	0.82
	2	0.83	
	3	0.83	

Fuente: Resultados de análisis N° 00-534403 (ver anexos apéndice 1, Figura 21)

T₁: N° Leguminosas = compost sin leguminosa

T₂: N° Leguminosas = 2 plantones x repetición

T₃: N° Leguminosas = 4 plantones x repetición

4.3.1. Variación del % de nitrógeno total en los tratamientos

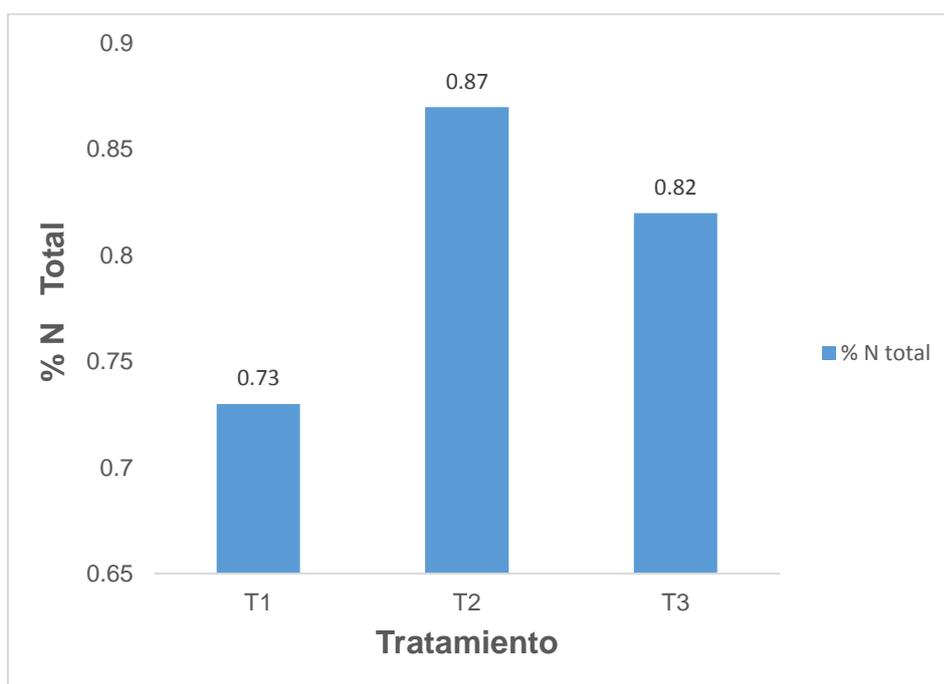


Figura 18. Variación del % de nitrógeno total con respecto a los tratamientos.

En la figura 19 se muestra la variación del % de nitrógeno total, en función de los tratamientos con leguminosa Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth), cuyos valores oscilan entre 0.73 a 0.87 del % de nitrógeno total.

Observamos un mayor incremento en el 2do tratamiento (T2), con 0.87 % de nitrógeno total, con respecto a los demás tratamientos, de igual manera estabilizándose en el 3er tratamiento (T3) con 0.82 % de nitrógeno total.

4.3.2. Incremento del % de nitrógeno total en los tratamientos

En el Cuadro 11 y Figura 20 muestra los datos obtenidos del incremento del % de nitrógeno total de los tratamientos evaluados, observando un mayor incremento en el 2do tratamiento (T2) con 16.1 % de incremento con

respecto al tratamiento testigo (T1). De igual manera estabilizándose en el 3er tratamiento (T3) con 10.98 % de incremento de nitrógeno total.

Cuadro 11. Datos obtenidos del % de incremento del nitrógeno total en los tratamientos evaluados.

Variación del Nitrógeno total	Tratamientos		
	T1	T2	T3
N ₂ total - Inicial	0.73	0.73	0.73
N ₂ total - final	-	0.87	0.82
% De incremento de N ₂ total	0	16.1	10.98

Fuente: Elaboración propia (2018).

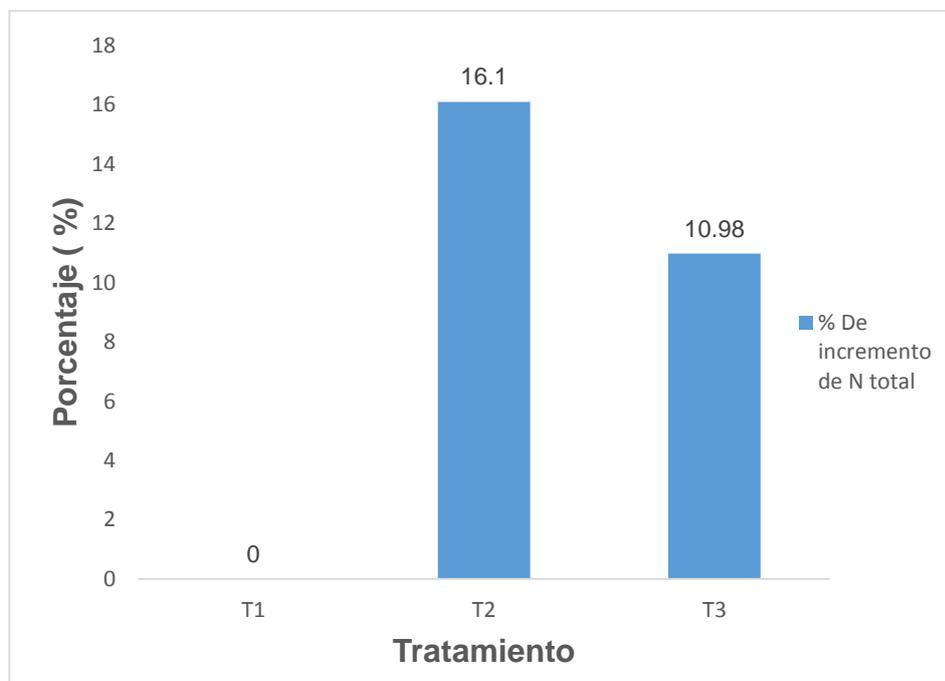


Figura 19. Incremento del % de nitrógeno total en función de los tratamientos.

4.4. Análisis estadístico de los tratamientos

Cuadro 12. Análisis estadístico de los tratamientos

N° Leguminosas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T ₁	3	0.7300	0.09539	0.05508	0.4930	0.9670	0.64	0.83
T ₂	3	0.8733	0.05508	0.03180	0.7365	1.0101	0.81	0.91
T ₃	3	0.8233	0.01155	0.00667	0.7946	0.8520	0.81	0.83
Total	9	0.8089	0.08388	0.02796	0.7444	0.8734	0.64	0.91

Fuente: Elaboración propia

Se muestra las medidas de tendencia central por cada tratamiento, observándose los valores de: la media, la desviación típica, el error típico, intervalo de confianza al 95 %, y los valores mínimos y máximos.

Puede observarse que existe poca diferencia en los valores de lectura para cada tratamiento, evidenciándose ésta en los mínimos valores de la desviación y error típico. Asimismo, entre los tratamientos el máximo valor encontrado fue de 0.91 % Nitrógeno y el mínimo de 0.64 % Nitrógeno.

4.4.1. Prueba de homogeneidad de varianzas

Cuadro 13. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de			
Levene	gl1	gl2	Sig.
2.697	2	6	0.146

Fuente: Elaboración propia

Se usó la prueba de Levene, la que nos permitió contrastar la hipótesis de igualdad de varianzas poblacionales para los tratamientos. Dado que el nivel crítico (sig.=0.146) es mayor que 0,05, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas. Concluyendo de esta manera que para las lecturas de nitrógeno en % de materia seca, obtenidas a distintos N° de plantones de leguminosa, las varianzas de la variable son iguales.

4.4.2. Análisis de varianza

Esta prueba básicamente nos dice si las lecturas de % de nitrógeno obtenidas son iguales o diferentes respecto a sus medias, analizando la diferencia entre la variación de cada lectura y la media de su grupo (tratamiento) y la variación entre la media de cada grupo y la media general.

Para efecto de la investigación se tendrá las siguientes hipótesis:

Ho: Las lecturas del % de nitrógeno promedio es igual a distintos tratamientos de N° de leguminosas.

Ha: Al menos una de las lecturas del % de N₂ promedio es diferente a distintos tratamientos de N° de leguminosas.

Cuadro 14. Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Nº	0.032	2	0.016	3.883	0.083
Leguminosas					
Error	0.025	6	0.004		
Total	0.056	8			

Fuente: Elaboración propia

Dado que el p- valor es mayor que 0.05, debe aceptarse la hipótesis de igualdad de medias. Por tanto, las lecturas de % de N₂ promedio no difieren a distintas N° de plantones de leguminosas.

4.4.3. Pruebas para la comparación de medias

4.4.3.1. Prueba de Tukey

Dado que el ANVA nos demuestra que al menos uno de los tratamientos de diferentes N° de leguminosas muestra diferencias significativas en las lecturas del % de nitrógeno; se utilizó la prueba de Tukey, para conocer qué tratamientos difieren de otros. Para tal efecto es necesario interpretar la columna de significación (Sig.), si ésta es menor o igual que 0,05, las diferencias entre los grupos formados por la variable 1 son significativas. Sin embargo, los datos resaltados muestran valores superiores a 0.05, por lo que se concluye que dicha prueba nos indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 15. Prueba de Tukey

Tratamiento		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T ₁	T ₂	-0.14333	0.05221	0.075	-0.3035	0.0169
	T ₃	-0.09333	0.05221	0.252	-0.2535	0.0669
T ₂	T ₁	0.14333	0.05221	0.075	-0.0169	0.3035
	T ₃	0.05000	0.05221	0.627	-0.1102	0.2102
T ₃	T ₁	0.09333	0.05221	0.252	-0.0669	0.2535
	T ₂	-0.05000	0.05221	0.627	-0.2102	0.1102

Fuente: Elaboración propia

Para este caso, las medias de las lecturas del % de N₂ forman solo un subgrupo homogéneo (el nivel crítico del test de comparación entre ambas resultó 0,075 con Tukey) y las medias para los distintos tratamientos con diferentes N° de leguminosas, también forman un subgrupo homogéneo.

Cuadro 16. Prueba de Tukey

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
T ₁	3	0.7300
T ₃	3	0.8233
T ₂	3	0.8733
Sig.		0.075

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó la prueba de Tukey con una diferencia significativa al 5 por ciento del nivel de probabilidad, ya que se basa en la obtención de la información, manipulando variables.

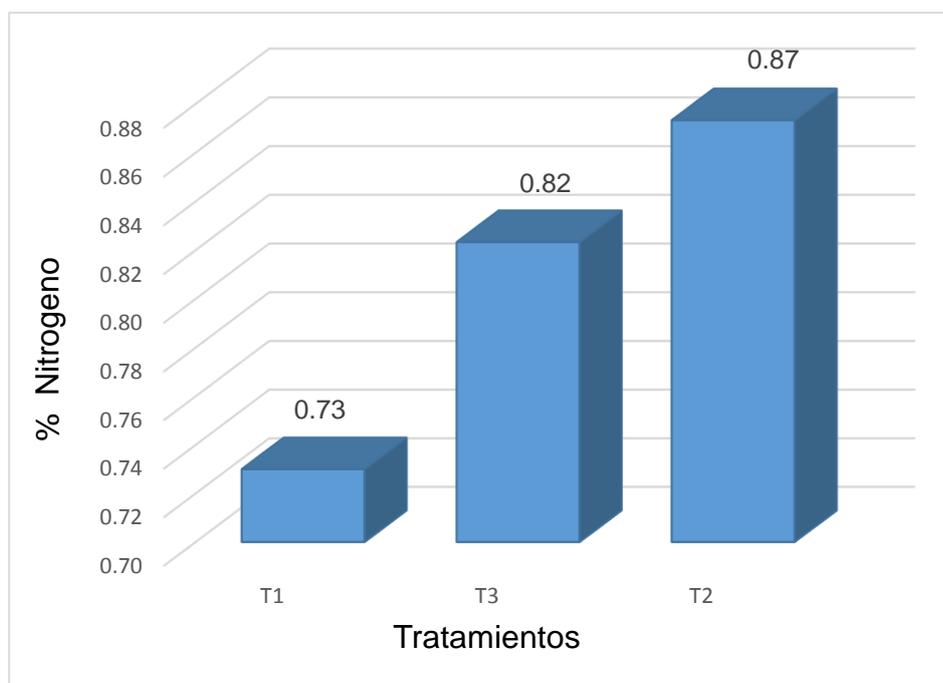


Figura 20. Comportamiento de medias de lecturas de nitrógeno en los tratamientos en un subgrupo homogéneo.

En la Figura 20, muestra las medias de las lecturas del % de nitrógeno en los tratamientos en solo un subgrupo homogéneo. También podemos apreciar que el tratamiento T2, es el tratamiento con mayor incremento del % de nitrógeno total.

V. DISCUSIÓN

5.1.

SHAMMAS (1986) el proceso de nitrificación es afectado por el pH. Se han reportado diferentes valores de pH óptimo para el proceso de nitrificación. Generalmente el pH óptimo para este proceso oscila entre 8 y 9. De la misma manera en el desarrollo del presente estudio se pudo evaluar y constatar en el Cuadro 3 y en la Figura 11 la variación del pH por cada semana de tratamiento tiene valores que oscilan de 8.7 a 9 en el 2do tratamiento en la escala del pH.

FERNANDEZ Y PASCUAL, 1984 La reacción de reducción del nitrógeno es un proceso endergónico que requiere un mínimo de energía. Del mismo modo en el seguimiento y evaluación de la presente investigación se pudo constatar en el Cuadro 4 y la Figura 12 la variación de la temperatura en el tiempo que duro la investigación, fue de 23.5 a 25 °C siguiendo de menos a más, un aumento de temperatura, con ello siguiendo o facilitando un carácter endergónico.

5.2.

DEL AGUILA *et al* (2010), en su trabajo de investigación que realizó, con el objetivo de evaluar el efecto de las propiedades físicas químicas del suelo por la influencia de la enmienda (dolomita) y el establecimiento de la *Pueraria phaseoloides* (Kudzu) como cobertura del suelo, logró un incremento de los principales macro nutrientes como el Ca^{2+} y Mg^{2+} y también la materia orgánica de la misma manera en el resultado del presente estudio se logró, en el Cuadro 08 y Figura 16 un significativo incremento de los principales macronutrientes, siendo el Ca el elemento que más se activó en todo el tratamiento pasando de 3.97 a 4.91 de % de Ca, seguido del K pasando de 2.68 a 2.75 % de K, de 1.38 a 1.38 % de Mg, de 0.12 a 0.22 % de P_2O_5 de 0.15 a 0.18 % de Na. De la misma manera podemos apreciar en el Cuadro 7 y la Figura 15 el % la Variación de la materia orgánica, pasando de 13.68% en el tratamiento testigo a 14.90 %. Estos elementos alcanzando su mayor valor en el 2do tratamiento (T2)

5.3.

BORJA *et al.* (2015), en su trabajo de Investigación para mejorar las características físico-químicas del suelo”, tuvo como objetivos de la investigación, determinar la fijación biológica de nitrógeno (FBN) de la leguminosa *Canavalia ensiformis* comparada con *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth, también DEL AGUILA *et al* (2010), en su trabajo de investigación que realizó, con el objetivo de evaluar el efecto de las propiedades físicas químicas del suelo por la influencia de la enmienda (dolomita) y el establecimiento de la *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth (Kudzu) como cobertura del suelo lograron un incremento de nitrógeno total, en sus respectivas investigaciones. De la misma manera se logró en el desarrollo de la presente investigación constatados en el Cuadro 11 y Figura 19, un incremento del nitrógeno total de 16.1 % en el segundo tratamiento (T2).

Estadísticamente, muestra las medias de las lecturas del % de nitrógeno en los tratamientos en solo un subgrupo homogéneo. También podemos apreciar al 2do tratamiento (T₂), el tratamiento con mayor incremento de nitrógeno.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó
 - Un incremento de pH de 8.6 a 9 en todo el sistema.
 - Un incremento de la temperatura de 23.5 a 25.1 °C en todo el sistema.
2. Se determinó un incrementó de:
 - 33.1 % de Ca; 19.1% de K; 2.5% de Mg; 7.2% de P₂O₅, 16.7% de Na, en el 2do tratamiento (T2).
3. Se determinó el mayor porcentaje de incremento de nitrógeno total, con 16.1% en el 2do tratamiento (T2).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar este tipo de estudio usando diferentes tipos de leguminosas (*Fabácea*, *Papilionácea*, *Mimosácea*), como maní forrajero, centrosoma, Canavalia.
2. Realizar este tipo de estudio con otros compost de otras municipalidades u otras instituciones, para comparar parámetros.
3. Realizar este tipo de estudios, en ambientes más cerrados donde se pueda controlar mejor los parámetros y factores ambientales.
4. Utilizar abonos verdes o cultivos de cobertura como alternativa de manejo y mejoramiento de los suelos, debido al incremento de materia orgánica y fertilidad del suelo.
5. Dar a conocer a la población de Tingo María, sobre los beneficios del uso, manejo de compost en la agricultura, así como en la jardinería mediante capacitaciones.

VIII. ABSTRACT

In the present study, the increase in nitrogen in the compost at the Leoncio Prado Province Municipality was evaluated using the introduction of *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth, an experimental assembly was implemented where 345 kg of compost were deposited into an area of 4 m², the conditions were prepared and kudzu was planted, following a completely randomized experimental design (CRD; DCA in Spanish), with three treatments and three repetitions, including the control treatment. The variables: number of kudzu seedlings per treatment, with two and four seedlings in the second and third treatments, no seedlings in the first treatment (control) were evaluated. The growth of the kudzu was monitored during the vegetative cycle (six months). The parameters of pH, T° and H % were evaluated in situ for the treatments, during two months. At the culmination of the evaluation, the total nitrogen was quantified using the Kjeldahl method. The greatest percentage of nitrogen increase occurred in the second treatment with 16.1%, as with the increase in the principal macronutrients such as: Ca with 33.1%; K with 19.1%; Mg with 2.5%; P₂O₅ with 7.2% and Na with 16.7%. It is concluded that the *Pueraria phaseoloides*, (Roxb.) Benth increases the total nitrogen percentage.

Keywords: Increase, assimilation, introduction, compost

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, M. PUCHADES, R. 2002. Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de buñol (Valencia) con fines hortícola. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Buñol, Valencia, España 2002.
- ACOSTA, W. PERALTA, M. 2015. Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá, universidad de Cundinamarca facultad de ciencias agropecuarias programa de zootecnia fusagasugá, Colombia.
- APHA (LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE SALUD PÚBLICA). 1992. Los métodos estándar para el Examen de Agua y Agua Residual. 18ava edición: Washington.
- BERNAL, 2002. Conservación de Forrajes. Boletín Técnico. Bogotá de http://campodocs.com/articulos-informativos/article_75998.html Bernal. (12 de 09 de 2002).
- BORJA B., 2015. Adaptabilidad de la Leguminosa *Canavalia Ensiformis* en comparación con *Pueraria Phaseoloides* en la zona de Limoncito, para mejorar las características físico-químicas del suelo. Tesis para optar el título de Biólogo. Guayaquil – Ecuador. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Biología. 61 p.

- DEL AGUILA, K. 2010. Efecto de la *Pueraria phaseoloides* (kudzu) y dolomita en las Propiedades Físico Químicas del Suelo en Condiciones de Selva Alta. tesis para optar el título de ingeniero en Recursos Naturales Renovables mención: Conservación de Suelos y Agua. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva Facultad de Recursos Naturales Renovables Departamento Académico en Ciencias de Conservación de Suelos y Agua .95 p.
- DÍAZ, E. MARTÍNEZ, R. ENRIQUE, CEPEDA, R. 2001 Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. Terra Latinoamericana, Oct-Dic, año/vol. 19 No. 004 Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, 2001, págs. 293-299.
- EPA, Innovative Uses of Compost Bioremediation and Pollution Prevention, EPA530-F-97- 042, 1997, pág 1-6 Abad, M. y Puchades, R. (coord). Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de buñol (Valencia) con fines hortícola. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Buñol, Valencia, España 2002. Facultad de Agronomía Departamento de Producción Vegetal. Nicaragua, managua. 50 p.
- FERNÁNDES, Y. PASCUAL, M. 1984. Estudio de determinados factores responsables de la especificidad Rhizobium – leguminosa. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- FRANCO, L. 2018. Evaluación del Enriquecimiento de Compost de Pulpa de Café con Mucílago. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo

- Moyuta, Jutiapa, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 120p.
- GARCÍA, F. 2004. Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: Siembra Directa, Rotaciones y Fertilidad. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Buenos Aires, 2004.
- GÓMEZ, M. 2003. Recuperado el 03 de 07 de 2014, de <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/foros/kudzu-tropical-pueraria-phaseoloides-t27071/141-p0.htm>.
- INIFAP 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana, patrocinado por el programa de las naciones unidas para el desarrollo Cuba, 2002págs. 23-65.
- LEMUS J. 2013. Métodos de establecimiento de Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, FMB) como cultivo de cobertura en el sistema de producción de palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.). Tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo. Cuatepeque, Guatemala. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 63p.
- MARCOVECCHIO, J. y MORENO, V. 1991. Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Environmental Research*. Vol. 31: 263 - 274. [En línea]: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioac.htm>, documentos, 20 agosto. 2015.
- MARTINES, M. VELASQUEZ E. 1991. Organismos fijadores de nitrógeno atmosférico. En: *Biología del nitrógeno*. Eds J.G: López y C Lluh Pla. Pp 55 – 70, Editorial rueda Madrid.

- MIYASHIRO I, 2014. Calidad de Seis Formulaciones de Compost Enriquecido con Guano de Islas”. tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias.164p.
- MORENO, J. MORAL, R. 2008. Compostaje. Mundi-Prensa. Barcelona España. 570 p.
- NEWTON WE. 2000. Nitrogen fixation in perpestive. In: Pedrosa, FO.ed Nitrogen fijation: From molecules to crop productivity. Notherlundo: Kluer Academic Publisher 13 – 18.
- NORMA DE CALIDAD DE COMPOST, 2000 Comisión nacional del medio ambiente departamento descontaminación, planes y normas. Reglamento Técnico. Región metropolitana de Santiago, Chile,18p.
- NOVOA, R., LOOMIS, Y. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and soil 58:177-204.
- PALOMO, J. 2015. Adaptabilidad y Valor Nutricional de las Leguminosas kudzú (Pueraria phaseoloides), centrosema (Centrosema acutifolium), mucuna (Mucuna pruriens) en el Campo Experimental la Playita UTC – la Mana. tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Latacunga, Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.76 p.
- PAREDES, M. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas Trabajo Final de tesis para optar el grado de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina 115p.

- PARRALES, M. 2015 “análisis y determinación de la fijación de nitrógeno a través de la siembra de mucuna (*stizolobium aterrimum*), kudzú (*pueraria phaseoloides*) y maní forrajero (*arachis pintoil*) en la zona de Quevedo”.
- PEÑA, E. CARRION, M., MARTÍNEZ, F. RODRÍGUEZ A. COMPANIONI, N. 2002. PND. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PND) Edición INIFAT, Habana, Cuba, 2002. pág. 65.
- RODRÍGUEZ, C. BARRUECO, F. SEVILLANO, F. SUBRAMANIAM, P. 1984. La fijación de nitrógeno atmosférico, una biotecnología en la producción agraria instituto de recursos naturales y agro biología, temas de divulgación, 1ª edición en 1984 ,65p.
- ROJAS, F. ZELEDÓN, E. 2007. Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost hacienda las mercedes. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria
- ROMAN, P. MARTINEZ, M. PANTOJA, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor experiencias en américa latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 112p.
- ROMERO, R. 2002. Calidad del agua. Escuela Colombiana de ingeniería. Editorial Nomo S.A. Bogota. Colombia.p.127

- SADZAWKA A. CARRASCO, M. MORA M. 2005. Métodos de Análisis de Compost, Instituto de investigaciones Agropecuarias SERIE ACTAS INIA - Nº 30. Región Metropolitana de Santiago CHILE, 2005.
- STOFFELLA, P. KAHN, A. 2003. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Publicado por Mundi-Prensa Libros. Madrid Barcelona, Págs. 379.
- UHART, M. ECHEVERRÍA, H. 2002 El rol del nitrógeno y del fosforo en la producción de maíz 47 p.
Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Ecuador.
- URIBE, J. VARNERO, M. BENAVIDES, C. 1995. Mejoramiento de la capacidad productiva del suelo mediante acondicionamiento con abonos orgánicos Scientific registration nº 1879 Symposium nº: 14 Presentation : poster, 1995.
- Valderrama, A. 2013. Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo. Universidad pontificia bolivariana. Colombia. 54.

X. ANEXO

Apéndice 1. Análisis del compost evaluado



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 Apto. 156

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			SÁNCHEZ LEÓN LIZ JHONA				PROCEDENCIA:					LUYANDO (PLANTA DE COMPOSTAJE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO)				
DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL				N (base seca) (%)	PORCENTAJE (%) EN BASE SECA					PARTES POR MILLON (PPM) EN BASE SECA			
Código	Ref.	Tipo	Cenizas en base seca (%)	Materia organica en base Secca (%)	Materia Secca (%)	Humedad (%)		P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
M0253	T1R1	Compost	87.9	12.1	99.17	0.83	0.643	0.11	4.04	1.27	2.65	0.15	21	1183	252	2525
M0254	T1R2	Compost	84.91	15.09	98.8	1.2	0.829	0.12	3.75	1.25	2.69	0.14	21	1174	167	2138
M0255	T1R3	Compost	86.15	13.85	99.1	0.9	0.722	0.12	4.12	1.33	2.69	0.15	25	1180	191	2447
M0256	T2R1	Compost	84.4	15.6	98.4	1.6	0.898	0.21	7.01	1.45	2.87	0.18	22	1190	183	2110
M0257	T2R2	Compost	84.52	15.48	98.86	1.14	0.913	0.22	3.83	1.3	2.8	0.17	21	1183	182	2349
M0258	T2R3	Compost	86.38	13.62	98.74	1.26	0.81	0.22	3.88	1.4	2.57	0.2	24	1189	192	2469
M0259	T3R1	Compost	86.35	13.65	98.69	1.31	0.81	0.18	4.12	1.53	2.71	0.26	20	1186	192	2502
M0260	T3R2	Compost	85.73	14.27	98.73	1.27	0.825	0.17	4.34	1.44	2.71	0.19	20	1189	192	2451
M0261	T3R3	Compost	86.18	13.82	95.55	4.45	0.825	0.16	3.94	1.42	2.8	0.17	18	1221	214	2531

Figura 21. Datos del análisis del compost MPLP.



Tingo María, 10 de abril del 2018
MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
Recibo N° 00534403

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LAB. ANALISIS DE SUELOS
[Signature]
Ing° Luis C. Mansilla Minaya
JEFE

Apéndice 2. Panel fotográfico

Anexo B. Documentos generales.



Municipalidad Provincial de
Leoncio Prado - Tingo María

Gerencia de
Gestión Ambiental
y Defensa Civil

Subgerencia de
Calidad Ambiental
y Proyectos



UNA PROVINCIA
QUE CRECE
CONTIGO

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

INFORME N°445 - 2017-SGCAP/MPLP

PARA : Ing. Juan Daniel Lao Olivares.
Gerente de Gestión Ambiental y Defensa Civil.

DE : Ing. Priscila Casado Cárdenas.
Subgerente de Calidad Ambiental y Proyectos.

ASUNTO : Aceptación de ejecución de tesis.

REFERENCIA : Expediente N°201720429.

FECHA : Tingo María, 03 de octubre del 2017.

Municipalidad Provincial de Leoncio Prado
TINGO MARÍA
GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y DEFENSA CIVIL
RECIBIDO
03 OCT 2017
N° Reg. 2899
Firma: [Signature] Hora: 11:00

Mediante el presente me dirijo a usted, para saludarlo muy cordialmente y a la vez remitir la aceptación de ejecución de tesis a la Bach. Sánchez León, Liz Jhona, para evaluar por 6 meses en su montaje experimental su proyecto denominado: Evaluación del incremento de nitrógeno en el compost de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, mediante la inserción del cultivo de kudzu (Pueraria phaseoloides), que se encuentra en la Planta de Compostaje ubicada en Santa Rosa de Shapajilla.

Así mismo, en respuesta a la referencia, solicito a través de su despacho derive el respectivo informe a la Subgerencia de Recursos Humanos para dar la autorización de ingreso a la oficina de Gestión Ambiental y Defensa Civil para realizar informes y coordinaciones, como también a la Planta de Compostaje de la Municipalidad para evaluar su tesis.

Es todo cuanto informo a usted, para su conocimiento y demás fines correspondientes.

Atentamente,



Municipalidad Provincial de Leoncio Prado
TINGO MARÍA

Ing. Priscila Casado Cárdenas
SUBGERENTE DE CALIDAD AMBIENTAL Y PROYECTOS
C.I. 8.167.103

C/c.: Archivo

Av. Alameda Perú N° 525 - Tingo María - Telf. 062 56 2351 - muntingomaria.gob.pe

Figura 22. Informe de aceptación de ejecución de tesis.

7



Municipalidad Provincial de Leoncio Prado - Tingo María

Gerencia de Gestión Ambiental y Defensa Civil

Subgerencia de Calidad Ambiental y Proyectos



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"
INFORMEN° 001- 2018-GRI/SGCAP/GGADC/MPLP/IM

A : Ing. CLAUDIA CONSUELO CÉSPEDES CIERTO
Subgerente de Calidad Ambiental y Proyectos

DE : Ing. GIANINA RIQUELME LEÓN
Coordinador (e) del Programa VECS

ASUNTO : **DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y DE UN PROMOTOR AMBIENTAL**

REFERENCIA: Expediente N° 201725860
Proveído S/N

FECHA : Tingo María, 10 de enero del 2018

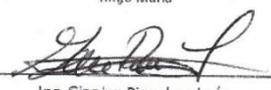
Mediante la presente me dirijo a usted, para saludarlo y a la vez informarle lo siguiente:

En atención a la solicitud presentada en el Expediente N° 201725860 por la tesista Liz Jhona Sánchez León, están disponibles los equipos de medición (Higrómetro digital y el pHmetro), así como también un Promotor Ambiental para el acompañamiento en las mediciones estipuladas en el cronograma de evaluación adjunto en el Informe N° 445-2017-SGCAP/MPLP.

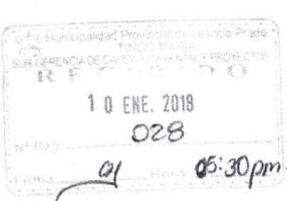
Es todo cuanto informo para los fines correspondientes.

Atentamente,

Municipalidad Provincial de Leoncio Prado
Tingo María



Ing. Gianina Riquelme León
Coordinador (e) del Programa VECS



Av. Alemania Puro N° 525 - Tingo María - Tel. 052 26 2361 - municipalidad.gob.pe

Figura 23. Informe de disponibilidad de equipos por parte de la MPLP.

Anexo C. Instalación del montaje experimental.



Figura 24. Limpieza del terreno.



Figura 25. Selección del área de la parte interna del montaje.



Figura 26. Estructura interna de la cama del montaje experimental.



Figura 27. Termino del cocido en todo el rededor de la estructura.



Figura 28. Cosido en la parte superior del montaje experimental.



Figura 29. Montaje experimental instalado



Figura 30. Adecuación del compost al montaje.



Figura 31. Mantenimiento de montaje Experimental

Anexo D. Adecuación del Kudzu al compost.



Figura 32. Riego de los plantones de Kudzu.



Figura 33. Cubierta impermeable en tiempos de lluvia.



Figura 34. Montaje experimental parte externa.

Anexo E. Toma de datos en campo



Figura 35. Monitoreo de los tratamientos.



Figura 36. Toma de la humedad en campo.



Figura 37. Equipo trabajo – Higrómetro digital.



Figura 38. Calibracion del Higrómetro digital.



Figura 39. Toma de la temperatura en campo.



Figura 40. Adecuación del Kudzu al tratamiento.



Figura 41. Adecuación de Kudzu al tratamiento.



Figura 42. Nódulos de *Rhizobium* en las raíces del Kudzu estudiado



Figura 43. Fin de su ciclo vegetativo del Kudzu.

Anexo F. Trabajos en laboratorio



Figura 44. Calibración de equipos por parte del técnico.



Figura 45. Calibración de pHímetro.



Figura 46. Determinacion de la humedad por el metodo de estufa.



Figura 47. Determinacion de la humedad por el metodo de estufa.



Figura 48. Agua destilada para el analisis de pH.



Figura 49. Determinacion del pH.



Figura 50. Muestras listas para la lectura de pH.

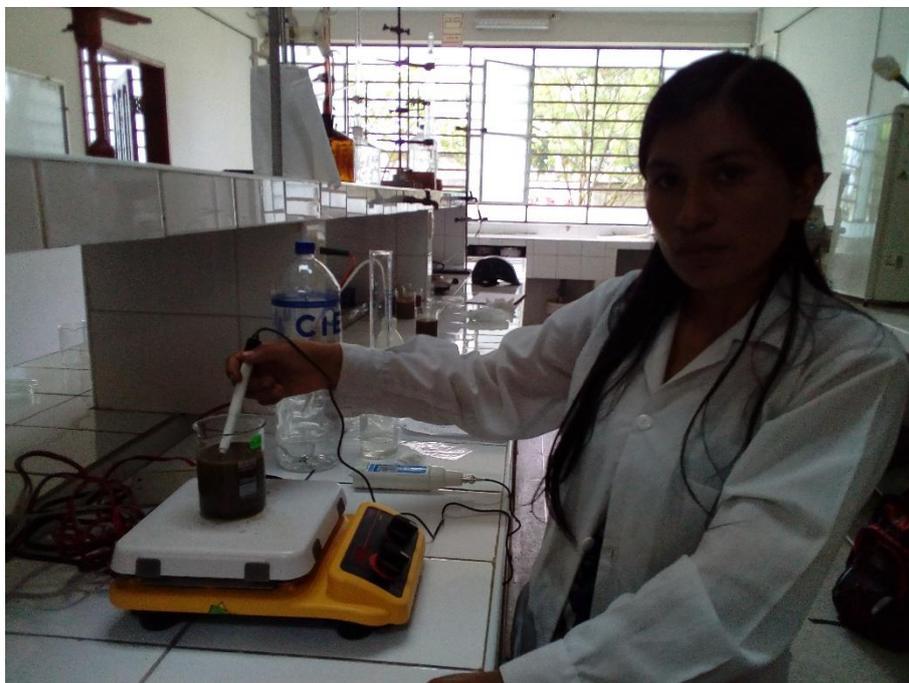


Figura 51. Lectura de pH, mediante el pHímetro.



Figura 52. Muestras de compost tratadas, entregadas al laboratorio de Agronomía para su análisis.



Figura 53. Muestras de compost tratado, entregadas al laboratorio de Agronomía para su análisis.

Apéndice 4. Determinación del nitrógeno total: método de Kjeldahl

Método de Kjeldahl.

1. Principio

En el método de kjeldahl, el tejido vegetal se ataca con H_2SO_4 concentrado, caliente, en presencia de catalizadores. La materia orgánica se transforma por oxidación en CO y H_2O . El nitrógeno se fija por el H_2SO_4 en forma de sulfato amónico.

La introducción de ácido salicílico en la mezcla de ataque permite la reducción de los nitratos sin pérdidas de nitrógeno.

Por destilación en presencia de fuerte alcalinidad, se libera el amoniaco que por arrastre de vapor se recoge y titula con H_2SO_4 de normalidad conocida.

2. Reactivos

Se presentan dos alternativas:

2.1. Mezcla ácido sulfúrico – ácido salicílico

- Mezcla de ácido sulfúrico - ácido salicílico. Disolver 50 g de ácido salicílico en 1000ml de ácido sulfúrico.
- Tíosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Solución de soda (NaOH) 40%, con un g de fenolftaleína disuelta/L

- Indicador mixto: preparar una mezcla en igualdad de volúmenes de 0.066% de rojo de metilo y 0.099% de verde de bromocresol en alcohol etílico 96°
- Ácido bórico al 2%. 20g de ácido bórico es disuelto en 600ml de agua destilada, adicionar 10ml del indicador mixto y llevar a volumen de 1000ml
- Catalizador pulverizado mixto de selenio. 80 g de K_2SO_4 más 20 g de $CuSO_4$ más de 2 g. de selenio.

3. Procedimiento

3.1. Usando mezcla ácido sulfúrico – ácido salicílico

- En un balón tipo micro que kjeldahl de 100 ml., poner 100mg de muestra vegetal molida.
- Adicionar 7ml. De la mezcla ácido sulfúrico – ácido salicílico. Dejar en reacción 30 min.
- Adicionar 0.5 gramos de $Na_2S_2O_3$ y agitar. Dejar en reposo 15 minutos.
- Adicionar 300 mg de catalizador mixto.
- calentar al inicio en forma suave y luego fuerte, hasta que el contenido del balón se aclare
- dejar enfriar. Adicionar agua destilada para dar volumen (10 a 20 ml)
- destilar, previa neutralización de la acides mediante adición de NaOH al 40% con indicador
- recibir el destilado en 10 ml de H_3BO_3 al 2% que contiene indicador mixto.
 - terminada la destilación, titular destilador con H_2SO_4 con 0.02 N hasta el cambio de color de verde a rojo.

DEDICATORIA

A la Deidad; por ser la fuente de
sabiduría y Amor infinito.

A mis padres: Rosa León Arostegui,
Helen Sánchez Villar; A mi único
hermano Joel Benjamín Sánchez León
por su inmenso amor, consejos,
dedicación y entrega brindada siempre,
para seguir adelante y cumplir mis
objetivos personales.

AGRADECIMIENTOS

- A mi asesor: Dr. Cesar Samuel López López, quien me brindo su asesoramiento en la presente investigación. Por ser la persona increíble, gracias por su apoyo y confianza.

- A la Blga. Mariela Morillo Alva, por brindarme su amistad y confianza, por sus consejos, por su apoyo incondicional.

- A la Planta de Valorización de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado por brindarme todas las facilidades y confianza durante la ejecución de la presente investigación.

- A mis hermanas: Madleni, Martha, Blanca, Damariz, Yinara, Dalesca y Majorie. Por regalarme momentos inolvidables y su confianza puesta en mí, en los momentos críticos de la vida supimos afrontar para seguir adelante, gracias a ustedes.

- A mi colega de trabajo Katia del Aguila, mi colega de estudios Heydi yerusa Izaquirre Adan, a JLER.