

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO DEL SUELO BAJO NIVELES DE
ABONAMIENTO ORGÁNICO Y UN BIOINSUMO EN CONDICIONES
DE LABORATORIO**

MILENKA LIDIA LAZCANO AGUILAR

La Paz - Bolivia

2014

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO DEL SUELO BAJO NIVELES DE
ABONAMIENTO ORGÁNICO Y UN BIOINSUMO EN CONDICIONES DE
LABORATORIO”**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

MILENKA LIDIA LAZCANO AGUILAR

ASESORES:

Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas

Ing. Ph. D. Carmen Del Castillo Gutiérrez

TRIBUNAL REVISOR:

Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes

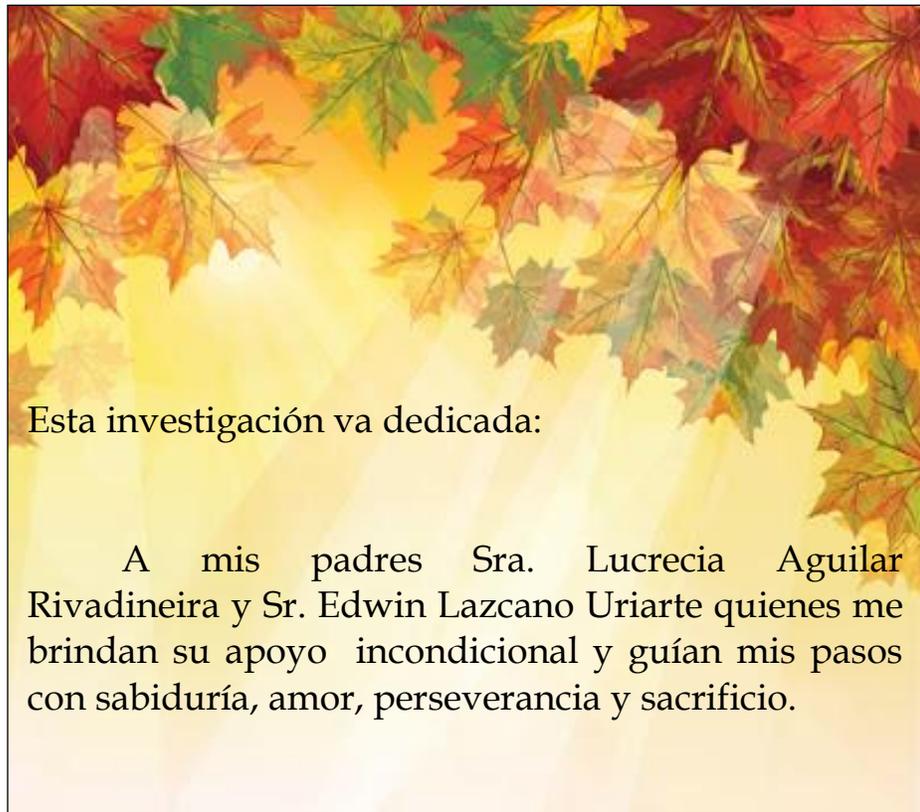
Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Lic. Edgar García Cárdenas

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

**La Paz, Bolivia
2014**



Esta investigación va dedicada:

A mis padres Sra. Lucrecia Aguilar Rivadineira y Sr. Edwin Lazcano Uriarte quienes me brindan su apoyo incondicional y guían mis pasos con sabiduría, amor, perseverancia y sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por guiar mi vida; fortalecer mi corazón e iluminar mi mente con su sabiduría para concluir con esta investigación.

A la Universidad Mayor de San Andrés - Facultad de Agronomía, por haberme acogido y formado en sus aulas durante los años de estudio.

Al Proyecto ANDESCROP, por brindarme la oportunidad de realizar la tesis y adquirir la experiencia necesaria que me permitirá desenvolverme en el campo laboral.

Un agradecimiento especial a mis asesores Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas y Ing. Ph. D. Carmen Del Castillo Gutiérrez por su apoyo y valioso tiempo empleado para enriquecer la investigación con sus sugerencias y explicaciones.

Al Ing. Ph. D. Vladimir Orsag por las correcciones realizadas en el desarrollo del trabajo.

Al Ing. M.Sc. Hugo Bosque por la confianza y apoyo brindado en el transcurso de esta investigación.

Al Lic. Edgar García Cárdenas por compartir sus conocimientos para la elaboración del presente documento.

Agradecer hoy y siempre a mis padres Sra. Lucrecia Aguilar Rivadineira y Sr. Edwin Lazcano Uriarte por su apoyo y amor incondicional.

Al Prof. José Luis Aguilar R. por ser pilar fundamental en mi trayectoria estudiantil quien apoyo mis estudios con entusiasmo y generosidad.

A mis hermanas Cindy Lazcano Aguilar y Lia Lazcano Aguilar quienes confiaron en mí y me brindaron cada día la fuerza y comprensión que necesitaba.

A mí abuelita Ma. Esther Rivadineira quien me enseñó que la vida es mejor transitarla con responsabilidad, respeto y confianza en uno mismo. De igual manera agradecer a Daniel Paredes por el cariño y apoyo brindado.

Deseo expresar un sincero agradecimiento a mis amigos Ramiro Mendoza; Oliver Villarreal; Ariel Arragán y Wilmer Cruz quienes me guiaron y acompañaron en mi trayectoria universitaria con su alegría, comprensión y sobre todo con su gran amistad. A David Padilla, por su tiempo y conocimientos prestados para la conclusión de esta investigación.

A todos los miembros de Furia 2T y H.C.A., por su amistad y todas las experiencias maravillosas que vivimos juntos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
INDICE GENERAL	i
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.2.3 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Materia Orgánica	3
2.1.1 Descomposición de la materia orgánica.....	3
2.1.2 Mineralización de la materia orgánica	4
2.2 Abonos Orgánicos.....	5
2.2.1 Descomposición de los abonos orgánicos	5
2.2.2 El estiércol	6
2.2.3 Factores que afectan la calidad del estiércol	7
2.2.3.1 Pérdida de nutrientes en el estiércol	8
2.2.4 Descomposición del estiércol	8
2.2.4 Estiércol ovino	9
2.3 Nitrógeno	10
2.3.1 Ciclo del Nitrógeno.....	10
2.3.2 Nitrificación	12
2.3.3 Desnitrificación.....	13
2.3.4 Inmovilización	13
2.3.5 Mineralización del nitrógeno.....	13
2.3.5.1 Factores que afectan la mineralización del nitrógeno	14
2.3.5.2 Tasa de mineralización	15
2.4 Carbono.....	16
2.4.1 Ciclo del Carbono.....	16
2.4.2 Mineralización del Carbono.....	17
2.4.2.1 Factores que influyen en la mineralización del carbono	18
2.4.3 Respiración del suelo	19
2.4.3.1 Importancia de la respiración del suelo en la calidad del mismo	20
2.5 Importancia de la relación carbono-nitrógeno	21
2.6 Bioinsumo- Terrabiosa.....	22

3. LOCALIZACIÓN	23
3.1 Características de la zona.....	24
3.1.1 Clima.....	24
3.1.2 Suelo.....	24
3.1.3 Fisiografía.....	24
3.1.4 Flora y Fauna.....	25
3.1.5 Actividad agrícola.....	26
4. MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1 Materiales.....	26
4.1.1 Material de Laboratorio	26
4.1.2 Material de Escritorio	26
4.1.3 Material de Estudio	27
4.2 Metodología.....	27
4.2.1 Procedimiento Experimental	27
4.2.2 Diseño experimental	30
4.2.3 Variables de Respuesta	31
4.2.3.1 Nitrógeno mineral.....	31
4.2.3.2 Dióxido de Carbono	34
4.2.3.3 Biomasa Microbiana.....	37
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
5.1 Nitrógeno Mineral.....	39
5.1.1 Amonio.....	43
5.1.2 Nitritos y nitratos	47
5.1.3 Potencial de mineralización de nitrógeno	53
5.1.3.1 Tasa de mineralización del nitrógeno.....	55
5.2 Actividad Microbiana.....	57
5.2.1 Evolución y desprendimiento CO ₂	57
5.2.2 Velocidad de mineralización del Carbono	60
5.3 Biomasa Microbiana	64
5.3.1 Coeficiente Q	66
6. CONCLUSIONES	69
7. RECOMENDACIONES	71
8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	72
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Análisis químico de estiércol de tres especies de animales diferentes.....	6
Tabla 2. Cantidades promedios de contenido de nutrientes de distintas especies.....	8
Tabla 3. Propiedades físicas del estiércol ovino	9
Tabla 4. Tasa de mineralización de tres tipos de estiércoles en el Código de Buenas Prácticas de la Comunidad Valenciana.....	16
Tabla 5. Especies nativas en la Puna seca de Patacamaya y sus usos	25
Tabla 6. Especies domésticas de producción.....	25
Tabla 7. Características físicas y químicas del suelo en estudio	27
Tabla 8. Características físicas y químicas del estiércol ovino.....	27
Tabla 9. Cantidades de N-mineral de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N kg ⁻¹ suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA. ..	43
Tabla 10. Cantidades de N-NH ₄ de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N kg ⁻¹ suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA. .	47
Tabla 11. Cantidades de N-NO ₂ +NO ₃ de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N /kg de suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA.	51
Tabla 12. Potencial de mineralización de los 6 tratamientos.....	53
Tabla 13. Tasa de mineralización del nitrógeno.....	55
Tabla 14. Cantidades de CO ₂ emitidas por los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg CO ₂ ; coeficiente de variación y resultado del ANVA.	57
Tabla 15. Velocidad de mineralización del carbono en 140 días de incubación.....	62
Tabla 16. Biomasa microbiana expresado en mg C kg ⁻¹ S	66
Tabla 17. Coeficiente metabólico q C-CO ₂ /mg C _{mic} * d ⁻¹	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo del nitrógeno (Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, 1998).....	12
Figura 2. Ciclo del Carbono (Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, 1998).....	17
Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de muestreo del material de estudio.....	23
Figura 4. A: Parcela de quinua en descanso; B: Extracción de la muestra.....	28
Figura 5. Lugar de recolección del estiércol Villa Patarani (Patacamaya)	29
Figura 6. Preparación de las unidades experimentales	30
Figura 7. Croquis del experimento Nitrógeno Mineral.....	32
Figura 8. Croquis del experimento CO ₂	34
Figura 9. Determinación de la Actividad Microbiana.....	35
Figura 10. Comportamiento del Nitrógeno Mineral durante los 140 días de investigación	40
Figura 11. Nitrógeno Mineral evaluado en 10 fechas	42
Figura 12. Comportamiento del N-NH ₄ durante los 140 días de investigación.....	44
Figura 13. Cantidad de N-amonio para los diferentes días de cuantificación por cada tratamiento expresada en miligramos por cada kilogramo de suelo	45
Figura 14. Comportamiento de N-NO ₂ +NO ₃ durante los 140 días de investigación.....	48
Figura 15. Cantidades de N-No ₂ N-NO ₃ + nitrato	49
Figura 16. Relación Amonio-Nitratos.....	52
Figura 17. Potencial de mineralización.....	54
Figura 18. Tasa de mineralización	56
Figura 19. Cantidad de Dióxido de carbono desprendido en 140 días de incubación expresada en miligramos de CO ₂ por cada kilogramo de suelo	58
Figura 20. Cantidad de Dióxido de carbono desprendido para los diferentes días establecidos por cada tratamiento expresada en miligramos de CO ₂ por cada kilogramo de suelo.....	59
Figura 21. Velocidad de mineralización del carbono	61
Figura 22. Comportamiento entre mineralización del Carbono y mineralización del Nitrógeno	64
Figura 23. Biomasa microbiana al inicio y al final de la investigación	65
Figura 24. Coeficiente de metabolismo	67

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
ANEXO 1. Ficha Técnica de Terrabiosa	80
ANEXO 2. Determinación de Nitrógeno Mineral	81
ANEXO 3. Determinación de Actividad Microbiana.....	82
ANEXO 4. Determinación Biomasa Microbiana	83
ANEXO 5. Determinación Materia Orgánica	84
ANEXO 6. Nitrógeno Total.....	85
ANEXO 7. Análisis Químico de Abonos.....	86
ANEXO 8. Variables evaluadas en el S.A.S 9.1 - ANOVA	87
ANEXO 9. Relación C/N	99
ANEXO 10. Galería de fotos.....	100

RESUMEN

La materia orgánica es un factor importante en la fertilidad de los suelos, asimismo los abonos orgánicos que proveen de nitrógeno a los cultivos. Estos abonos orgánicos tienen que pasar por un proceso de mineralización, que es la transformación del nitrógeno orgánico a nitrógeno mineral fundamentalmente en nitrato y amonio, De esta forma los nutrientes se encuentran disponibles para su asimilación por las plantas.

El estiércol es uno de los insumos orgánicos más utilizados, por el aumento del intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes que provee a la planta, éste se constituye en una fuente principal de nitrógeno para el suelo, el cual es liberado a medida que el material orgánico se mineraliza bajo efectos de la humedad y/o temperatura.

En la presente investigación se determinó la mineralización del nitrógeno con diferentes niveles de abonamiento orgánico (ovino): 0 Ton de estiércol; 10 Ton estiércol y 20 Ton de estiércol que aplican agricultores de la zona haciendo uso de un bioinsumo (Terrabiosa) que facilitó la descomposición de la materia orgánica y por ende la liberación de nutrientes en un periodo de 140 días.

El tratamiento que consistía en suelo + 20 Ton estiércol + bioinsumo presentó 10,77 mg kg⁻¹ hasta 12,63 mg kg⁻¹ de nitrógeno mineral, con una tasa de mineralización de 0,79 mg N kg⁻¹, podemos señalar que el estiércol ovino más el bioinsumo mejora las condiciones de los suelos, brinda cantidades de nitrógeno mineral que cubrirían los requerimientos de nitrógeno en algunos cultivos.

ABSTRACT

Organic matter is an important soil fertility, manure factor also supplying nitrogen to crops. These organic fertilizers have to go through a process of mineralization, which is the transformation of organic nitrogen to mineral nitrogen and nitrate mainly ammonium. Thus nutrients are available for uptake by plants.

Manure is one of the most widely used organic inputs, increased cation exchange and availability of nutrients that supplies the plant, it constitutes a major source of natural soil nitrogen, which is released as the material mineralized organic effects of low humidity and / or temperature.

In the present study nitrogen mineralization at different levels of organic manuring (sheep) was determined: 0 Ton Manure; 10 Ton 20 Ton manure and manure that farmers in the area applied using a bioinsumo (Terrabiosa) that facilitated the decomposition of organic matter and therefore the release of nutrients over a period of 140 days.

The treatment consisted of soil + manure + 20 Ton bioinsumo present 10.77 mg kg⁻¹ to 12.63 mg kg⁻¹ of mineral nitrogen with a mineralization rate of 0.79 mg N kg⁻¹, we note that sheep manure plus bioinsumo improves soil conditions, provides amounts of mineral nitrogen that would cover the nitrogen requirements for some crops.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes orgánicos es una buena alternativa para los sistemas de producción agrícola, con el fin de proveer de nitrógeno, mejorar la fertilidad de los suelos y mantener o incrementar los rendimientos de los cultivos. Muchas veces no se considera su efecto sobre los componentes bióticos del suelo, puesto que estos son los encargados de liberar y hacer que los nutrientes sean disponibles para la planta (Sipe, 2011).

La mineralización de la materia orgánica es un factor de suma importancia en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, puesto que, a través de este proceso se reciclan nutrientes como nitrógeno, fósforo y dióxido de carbono (León, 2006), por esta razón cuando el estiércol es incorporado al suelo, este debe seguir un proceso (mineralización) por el cual los nutrientes que contiene deben estar disponibles para la asimilación por las plantas.

El estiércol influye en las propiedades químicas del suelo, aumentando el intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes; por lo tanto, este se constituye en una fuente principal de nitrógeno inorgánico del suelo, el cual es liberado a medida que el material orgánico se mineraliza bajo efectos de la humedad o temperatura. Flores *et al.* (2008) señalan que, conociendo la dosis de aplicación correcta al suelo, de acuerdo a la demanda nutrimental del cultivo y tomando en cuenta la calidad del estiércol, los cultivos pueden aumentar su rendimiento y mejorar las condiciones del suelo, además de ser un recurso más económico que los fertilizantes inorgánicos.

En la presente investigación se determinó la mineralización del nitrógeno con diferentes niveles de abonamiento orgánico (ovino) que aplican agricultores de la zona de Villa Patarani haciendo uso de un bioinsumo (Terrabiosa) que facilitó la descomposición de la materia orgánica y por ende la liberación de nutrientes en un periodo de 140 días.

1.1 Justificación

El Altiplano boliviano presenta problemas ambientales que inciden en la fertilidad de los suelos; como la baja disponibilidad de agua, que genera un menor aprovechamiento de nutrientes. La temperatura es otro factor natural que cuando se eleva, genera una pérdida de nitrógeno, en forma de amoníaco, la cual se volatiliza. Cuando se presentan temperaturas bajas, estas, afectan la tasa de absorción de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno.

Debido a la baja fertilidad de los suelos de las zonas altiplánicas de Bolivia, se ha producido disminución en la producción de cultivos andinos, por tanto los agricultores perciben ingresos económicos mínimos, orientándolos al mal uso de fertilizantes químicos que podrían deteriorar los suelos, causando efectos nocivos al medio ambiente.

Por otro lado, existe un limitado conocimiento acerca de la cantidad, forma y época adecuada de aplicación del estiércol al suelo para un mejor aprovechamiento del cultivo, esta falta de sincronía en el tiempo, entre la mineralización del nitrógeno y los requerimientos del cultivo nos lleva a determinar la mineralización de nitrógeno en el tiempo con niveles de abonamiento bajo la influencia de un bioinsumo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Determinar la mineralización del nitrógeno del suelo bajo niveles de abonamiento orgánico, utilizando un bioinsumo en condiciones controladas

1.2.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar el nitrógeno mineral durante el proceso de mineralización del suelo en condiciones de incubación de las muestras.
- Determinar la tasa de mineralización del nitrógeno.
- Determinar la actividad microbiana en suelos con diferentes dosis de estiércol ovino.
- Evaluar la influencia del bioinsumo sobre la mineralización del nitrógeno.

1.2.3 Hipótesis

Ho: El bioinsumo y las diferentes dosis de estiércol aplicado en un suelo no afecta el tiempo de mineralización del nitrógeno.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Materia Orgánica

Materia orgánica del suelo, según Aguilar *et al.* (1987), es todo material de origen orgánico que se encuentra en diferentes estados de descomposición, consecuentemente quedan incluidos bajo este término residuos vegetales y animales que aun presentan suficiente diferenciación para permitir la identificación de su origen, así como aquellos productos orgánicos muy degradados, que han llegado a un estado de virtual equilibrio con su medio ambiente. Estos últimos forman un material amorfo, relativamente estable, cuyo color puede variar desde café hasta negro y que es el principal responsable de varias propiedades importantes del suelo. Para Suárez (1998), la materia orgánica está formada por los cuerpos de organismos muertos y los residuos de organismos vivos depositados sobre y dentro del suelo; su composición es muy variada según el origen y la intensidad de los procesos que contribuyen a su descomposición. Así mismo la materia orgánica incorporada al suelo se degrada debido a la actividad biológica en sus componentes básicos, tales como los hidratos de carbono, proteínas, ácidos orgánicos, lignina, grasas, entre otros. Estos compuestos pueden seguir su proceso de degradación debido a la acción de enzimas, hasta pasar a compuestos minerales asimilables por las plantas (Fuentes, 2002).

2.1.1 Descomposición de la materia orgánica

Según Navarro S. y Navarro G. (2003), la rapidez de descomposición de todo este material orgánico no es siempre la misma. Cuando las condiciones del medio son propicias (clima y tipo de suelo), la velocidad de descomposición depende de la naturaleza química de las sustancias que lo integran. Algunos microorganismos del suelo son los que fácilmente degradan el almidón, celulosa, hemi-celulosa y

proteínas sencillas, dando primero compuestos intermedios más o menos complejos y finalmente los productos simples de la descomposición: CO₂; H₂O; NH₃, por el contrario, ofrecen una notable resistencia a la degradación (lignina y proteínas) los cuales permanecen en el suelo inalterados, o ligeramente alterados, durante un determinado periodo de tiempo.

2.1.2 Mineralización de la materia orgánica

Ochoa *et al.* (2007), mencionan que la materia orgánica es una variable de “calidad” establecida en suelos agrícolas, pero ésta cambia lentamente y se precisan de muchos años para que se produzcan cambios medibles en la materia orgánica de un suelo. Según Chilón (1997), la mineralización es el proceso de transformación microbiana de la materia orgánica incorporada al suelo, en nutrientes minerales para la planta. Para Meléndez G. y Soto G. (2003), la mineralización incluye un conjunto de procesos por medio de los cuales, el nitrógeno y fósforo entre otros, en combinación con la materia orgánica son transformados a moléculas inorgánicas de constitución más simple.

Así mismo cualquier residuo orgánico (animal o vegetal), incorporado al suelo, es transformado por los microorganismos en forma gradual y con liberación de energía (calor) hasta la liberación de los nutrientes minerales. En procesos lentos el coeficiente de mineralización va desde 1-8 % que desde el punto de vista agrícola debe ser realizado por microorganismos aeróbicos y que da como resultado la liberación de nutrientes que serán asimilados por la planta (Chilón, 1997).

En los procesos de mineralización forman parte los microorganismos del suelo, quienes desarrollan los procesos de amonificación a nitrificación. La rapidez con la que proliferan los microorganismos desintegradores y la descomposición de la materia orgánica depende de la relación carbono/nitrógeno (C/N) (Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación de Madrid, 1999).

2.2. Abonos Orgánicos

Según Flores *et al.* (2008), el abono es aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, para mejorar las propiedades físicas del suelo. Osco (2009), considera que aparte de proveer nitrógeno y otros nutrientes, el uso de abonos orgánicos también mejora las características del suelo otorgándole mayor capacidad de retención del agua, elementos minerales nutritivos, además favorece el crecimiento de la micro flora y micro fauna, lo que es otra base importante para el crecimiento armónico de las plantas.

Asimismo Osco (2009), señala que los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos. Sin embargo Tilas y García (1996), mencionan que existen otros abonos orgánicos como por ejemplo la orina; huesos; cuernos; deyecciones sólidas; residuos de cosecha; hojas; tallos; raíces; algas; cascara de frutas y cascara de hortalizas. Asimismo, señalan que la incorporación del abono orgánico cierra un ciclo de la naturaleza, ya que se devuelve al suelo gran parte de lo que se extrajo de él.

Bajo la denominación de abonos orgánicos, se incluyen todas las sustancias orgánicas de origen animal, vegetal o una mezcla de ambos que se añade al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad (Campos, 1981 citado por Osco, 2009). El abonado orgánico constituye una de las técnicas tradicionales y eficientes para mejorar los cultivos por ello los agricultores lo emplean desde tiempo inmemorial.

2.2.1 Descomposición de los abonos orgánicos

La descomposición de cualquier residuo orgánico, según Flores *et al.* (2007), una vez incorporado al suelo puede ser afectado por diversos factores como la humedad, temperatura, aeración, tipo de material orgánico, cantidad aplicada del abono, tipo de suelo, el clima, la mineralogía de las arcillas, el estado de los nutrientes del suelo, la actividad de la biota edáfica y la calidad de los recursos en descomposición.

Chilon (1997), indica que el material orgánico (animal o vegetal), incorporado al suelo, es transformado por los microorganismos en forma gradual y con liberación de energía (calor) hasta la liberación de los nutrientes minerales. Según Flores *et al.* (2007), los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos, lo que influye significativamente en su efecto sobre los suelos y la mineralización, sin embargo la aplicación constante de ellos, con el tiempo mejora las características, físicas, químicas y biológicas del suelo.

2.2.2 El estiércol

Mamani (2011), explica que, parte del nitrógeno de los elementos minerales nutritivos contenidos en el alimento consumido por el ganado puede ser vendido en forma de los propios animales o en sus productos, pero una gran proporción de estos elementos nutritivos permanece en el estiércol producido por los animales. En animales adultos todo kilogramo de elemento nutritivo contenido en el alimento será recuperado en las deyecciones líquidas y en las sólidas.

En la tabla 1, se expresa las concentraciones de nutrientes de residuos sólidos de algunas especies comunes en el Altiplano boliviano.

Tabla 1. Análisis químico de estiércol de tres especies de animales diferentes

Clase de materia orgánica	N	P₂ O₅	K₂O	CaO	MgO
	%				
Estiércol de llama	1,6	0,29	0,79	1,46	0,36
Estiércol de ovino	1,82	0,28	1,06	2,3	0,48
Estiércol de bovino	1,62	0,29	0,47	1,7	0,3

Fuente: Chilon (1997).

La Tabla 1 destaca que el estiércol de ovino presenta un promedio mayor de nitrógeno en función a los estiércoles de camélido y de bovino. Por otra parte, según el proyecto de fertilización FAO y AGRUCO mencionados por Villarroel (1990), el contenido promedio de nitrógeno total en el estiércol de ovino es de 1,68 porciento.

Guerrero (1999), indica que los aportes de estiércol independientemente de su acción beneficiosa como enmienda orgánica, ponen a disposición elementos nutritivos que se liberan lentamente y que los cultivos aprovechan en sucesivos años. La composición del estiércol es variable, dependiendo de factores, tales como la especie y la edad del ganado, el uso de camas, la inclusión o separación del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición.

2.2.3 Factores que afectan la calidad del estiércol

Los factores que afectan la calidad del estiércol según Tilas y García (1996) son los siguientes:

Especie animal, en general el estiércol de gallinaza presenta un contenido alto de nitrógeno y fósforo en comparación a otros estiércoles cerdos y bovinos.

Edad, las deyecciones de los animales adultos es más rica en nutrientes que de animales jóvenes, pues en estos hay más asimilación de nutrientes.

Dieta, la alimentación que reciben los animales se refleja en la composición del estiércol que dejan. Animales alimentados con dietas balanceadas y ricas en N, P, y K dejarán deyecciones más ricas con esos nutrientes. En sistemas de producción de confinamiento se suministran raciones concentradas como NaCl (Cloruro de Sodio) y sustancias como hormonas vitaminas que también se eliminan en las deyecciones.

Material acompañante del estiércol, existen distintos acompañantes del estiércol que en realidad se los utiliza como “cama” o “piso” de los animales. Estos materiales acompañantes también tienen distintos contenidos de nutrientes, y van a determinar que muchas veces se den los procesos de inmovilización de nitrógeno, según su relación C/N. La velocidad de su descomposición también puede variar según su contenido de lignina. Ejercen además un efecto absorbente con respecto al estiércol disminuyendo las pérdidas de las fracciones líquidas. El estiércol con materiales acompañantes produce una mejora más bien física en el suelo en comparación al estiércol aplicado solo.

Las cantidades promedios de nutrientes de los diferentes estiércoles: bovino; ovino; caprino; camélidos y gallinaza se presentan en la tabla 2:

Tabla 2. Cantidades promedios de contenido de nutrientes de distintas especies

Componente	Bovino	Gallinaza	Ovino	Caprino	Camélidos
pH	8,3	7,6	8	8	7,9
N.T. %	1,73	2,7	1,68	2,2	1,5
P ₂ O ₅ %	1,65	2,72	1,28	1,53	0,85
K ₂ O %	1,52	1,52	1,39	1,06	1,16
Ca %	1,41	8,6	1,01	1,42	0,94
C/N	21,2	15,9	23,8	15,8	29,8

NT Nitrógeno total; P₂O₅= Fósforo; K₂O= Potasio; Ca = Calcio; C/N= Relación Carbono/nitrógeno

Fuente: SEPAR (2004). Boletín Estiércoles

2.2.3.1 Pérdida de nutrientes en el estiércol

De acuerdo a Bruckamn y Brady (1993), no todo el nitrógeno y fósforo del estiércol está disponible para las plantas. En realidad la gran mayoría más o menos el 65 al 75 % se pierde (en el aire como amoniaco durante el almacenamiento o al momento de la aplicación en el campo y en el agua como nitratos por lixiviación si no es utilizado por las plantas), una vez que el nitrógeno está en el suelo, la forma inorgánica del nitrógeno (amonio o nitratos) puede ser utilizado por las plantas; sin embargo, la mayoría del nitrógeno se incorpora a la materia orgánica del suelo (en forma de nitrógeno bacteriano). Por tanto, las bacterias del suelo compiten con las plantas por el nitrógeno disponible, aunque el nitrógeno en las bacterias actúa como una reserva a largo plazo.

2.2.4 Descomposición del estiércol

Gros (1983), menciona que desde el momento en que se entierra el estiércol entra en descomposición por la acción de una multitud de microorganismos como: hongos, levaduras, y sobre todo bacterias, sin olvidar los gusanos y animales del suelo. Estos microorganismos humificadores transforman la materia orgánica en productos cada vez más sencillos. Los procesos de mineralización (conversión de un elemento de un estado orgánico a un estado inorgánico, a través de la acción de microorganismos) y descomposición (ruptura de la materia orgánica por bacteria y fungí, para cambiar la apariencia de la estructura química y física de la materia orgánica). Según SICA (2001), consisten en alimentar al suelo para que los

microorganismos allí presentes, después de atacar a la materia orgánica y mineral que se incorpora, tornen formas asimilables los nutrientes y de esta manera puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, para propiciar su desarrollo y fructificación. Se puede realizar la incorporación de materiales orgánicos de origen vegetal o animal como: estiércoles, residuos de cosechas y de la agroindustria, humus de lombriz, cenizas y compost.

El estiércol se clasifica de acuerdo a su capacidad de descomposición, presentándose estiércoles fríos (de vacuno y cerdo) requiriendo de tres a cuatro meses de anticipación a la siembra para entrar en descomposición y los estiércoles cálidos (de equino, ovino y aves) los cuales son rápidos requiriendo en uno a dos meses de antelación, suficientes para obtener un punto adecuado de descomposición (Urbano, 2001).

2.2.5 Estiércol ovino

Las propiedades del estiércol ovino, según Medina (2005) oscilan entre las de bovino y la gallinaza; el porcentaje de nitrógeno de la gallinaza es de 2.8 % y el del bovino 1.8 % por lo tanto de ovino 2 %. El efecto sobre la estructura del suelo es mediano. La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50 % el primer año; 35 % el segundo año y 15 % el tercer año. Es un producto muy apreciado en horticultura con buenas respuestas agronómicas y sin problemas de gestión. Las propiedades físicas del estiércol se observan en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades físicas del estiércol ovino

Humedad (%)	27,5
Densidad real (g/cm ³)	1,64
Densidad aparente (g/cm ³)	0,159
Espacio poroso total (% vol)	90,3
Capacidad de aireación (% vol)	52,5
Volumen de agua* (% vol)	37,8
Capacidad de retención total de agua (g/l material)	378

Fuente: SEPAR (2004). Boletín Estiércoles.

2.3 Nitrógeno

Aguilar *et al.* (1987), mencionan que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Pocas veces se encuentra presente en cantidades suficientes en el suelo para satisfacer las necesidades de los cultivos. Fuentes (1999), argumenta que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, forma parte de las proteínas y otros compuestos orgánicos esenciales (enzimas, coenzimas, vitaminas, ácidos nucleicos, clorofilas, etc.). Las plantas absorben el nitrógeno bajo formas nítricas (ión nitrato NO_3^-) y amoniacales (ión amonio NH_4^+).

Por otro lado Salisbury y Ross (2000), indican que el nitrógeno dentro de un ecosistema, se encuentra en los restos del material orgánico de las plantas y animales que son atacados por los microorganismos de tipo amonificadores que liberan nitrógeno N_2 a la atmósfera y amoniaco (NH_3) al suelo. Los microorganismos nitrificadores producen NO_2 que se convierten en N_2 a través de los desnitrificadores y en nitrato por los nitrificadores. Flores *et al.* (2008), mencionan que el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Así mismo hace mención a que el contenido de nitrógeno en los suelos varia en un amplio espectro, valores normales para la capa arable son del 0,2 al 0,7 por ciento. Estos porcentajes tienden a disminuir acusadamente con la profundidad. El nitrógeno tiende a incrementarse al disminuir la temperatura de los suelos y al aumentar las precipitaciones atmosféricas.

2.3.1 Ciclo del Nitrógeno

El ciclo del nitrógeno es cada uno de los procesos biológicos y abióticos en que se basa el suministro de este elemento de los seres vivos. Es uno de los ciclos bio-geoquímicos importantes en que se basa el equilibrio dinámico de composición de la biosfera terrestre.

En la figura 1 observamos que en la atmósfera, es donde se encuentra el nitrógeno atmosférico, pero esta molécula no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias). Esas bacterias y algas cianofíceas que pueden usar el nitrógeno del aire juegan un papel muy importante en

el ciclo de este elemento al hacer la fijación del nitrógeno. De esta forma convierten el nitrógeno en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas.

El amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-) lo pueden tomar las plantas por las raíces y usarlo en su metabolismo. Usan esos átomos de N para la síntesis de las proteínas y ácidos nucleicos.

En el metabolismo de los compuestos nitrogenados en los animales acaba formándose ión amonio que es muy tóxico y debe ser eliminado. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), o en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas). Estos compuestos van a la tierra o al agua de donde pueden tomarlos de nuevo las plantas o ser usados por algunas bacterias.

Algunas bacterias convierten amoniaco en nitrito y otras transforman este en nitrato. Una de estas bacterias (*Rhizobium*) se aloja en nódulos de las raíces de las leguminosas y por eso esta clase de plantas son tan interesantes para hacer un abonado natural de los suelos.

Donde existe un exceso de materia orgánica en el mantillo, en condiciones anaerobias, hay otras bacterias que producen desnitrificación, convirtiendo los compuestos de N en N_2 , lo que hace que se pierda de nuevo nitrógeno del ecosistema a la atmósfera.

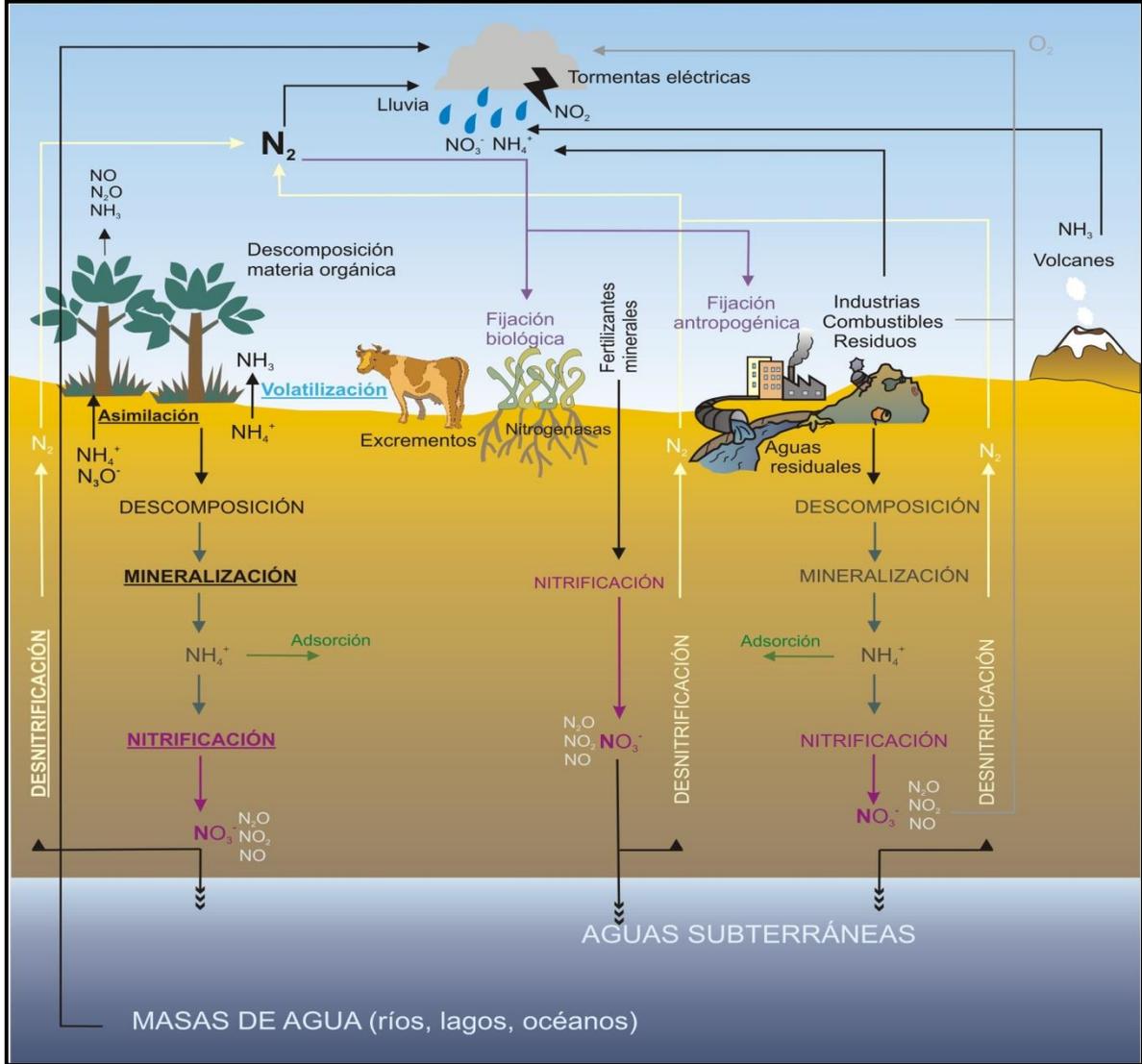


Figura 1. Ciclo del nitrógeno (Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, 1998)

2.3.2 Nitrificación

La nitrificación Harrison (2003), lo define como el pasaje de NH_4^+ a NO_3^- , el cual es realizado por un grupo reducido de microorganismos autótrofos especializados (principalmente Nitrobacterias), que obtienen su energía (E) de este proceso oxidativo.

2.3.3 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_2 , N_2O (óxido de nitrógeno) (Harrison, 2003).

2.3.4 Inmovilización

Se denomina inmovilización al proceso opuesto a la mineralización. Harrison (2003), menciona que es la transformación de nitrógeno inorgánico (NH_4^+ , NO_2^- o NO_3^-) del suelo en nitrógeno orgánico, realizada por los microorganismos cuando absorben nitrógeno mineral y lo transforman en el nitrógeno constituyente de sus células y tejidos.

2.3.5 Mineralización del nitrógeno

La mineralización es el proceso de transformación microbiana de la materia orgánica incorporada al suelo, en nutrientes minerales para la planta (Chilón, 1997).

Lavado (2001), confirma esta definición indicando que el proceso biológico denominado “mineralización”, es la descomposición de los compuestos que integran la materia orgánica. Esta descomposición es causada por microorganismos, lo que determina la formación de compuestos minerales solubles (nitratos, por ejemplo) o gaseosos como el dióxido de carbono.

Para Meléndez y Soto (2003), la mineralización es la transformación completa de un compuesto orgánico en compuestos inorgánicos, sin embargo, Flores *et al.* (2007) define a la mineralización como la degradación completa de un compuesto a sus constituyentes minerales, sobre la escala de tiempo. Así mismo Black (1975), indica que el término mineralización se usa normalmente para describir la transformación de nitrógeno orgánico en nitrógeno inorgánico, ya sea este en forma de NH_4 (amonio) o NO_3 (nitrato).

Domínguez (1997), señala que la mineralización del nitrógeno de la materia orgánica se lleva a cabo simultáneamente con la fijación o inmovilización del mismo, por los

microorganismos. Estos necesitan el nitrógeno de forma nítrica como amoniacal para su metabolismo, al tiempo que se mineraliza el nitrógeno, es reutilizado por los microorganismos.

Por otro lado Mamani (2011), indica que la mineralización del nitrógeno consiste en una serie de procesos a través de los cuales los componentes orgánicos, ya sea de la materia orgánica o de los residuos vegetales y animales recién incorporados al suelo se transforman a formas inorgánicas nitrogenadas tales como NH_4^+ (amonio); NO_3^- (nitratos) y NO_2^- (nitritos).

Ochoa *et al.* (2007), emplean el término mineralización para referirse sólo al pasaje de nitrógeno orgánico a amonio esto se debe en parte a que éste es la forma de nitrógeno inmovilizada preferentemente por los microorganismos, a la conexión íntima que existe entre los procesos de mineralización e inmovilización de nitrógeno ya que el proceso de mineralización hasta amonio es realizado por los microorganismos heterótrofos del suelo, los cuales utilizan sustancias orgánicas carbonadas como fuente de energía. El pasaje de nitrógeno orgánico a amonio involucra dos reacciones, según Tislade (1991), aminización (ruptura de las proteínas realizada por bacterias en condiciones de pH neutro o alcalino y hongos en condiciones de pH acidas en este proceso las proteínas son transformadas a aminas, aminoácidos y urea) y amonificación (proceso en que bacterias amonificantes del suelo transforman compuestos orgánicos nitrogenados en amoniaco), llevadas a cabo por una gran variedad de microorganismos no especializados, incluyendo bacterias aeróbicas - anaeróbicas, hongos y actinomicetes.

2.3.5.1 Factores que afectan la mineralización del nitrógeno

La importancia de la velocidad de la mineralización depende de la provisión de nutrientes suministrados por otras fuentes. La mineralización pierde relevancia cuando se aplican considerables cantidades de nitrógeno en otros elementos en forma de fertilizantes. En condiciones de fertilización adecuadas, la producción de los cultivos se halla frecuentemente limitada por el suministro de agua. En tales casos, las mayores cosechas se obtendrán manteniendo la humedad del suelo próxima a capacidad de campo (Thompson y Troeh, 2002).

Trabajos relacionados han demostrado que las plantas pueden incrementar también la velocidad de la amonización mediante las excreciones radiculares, que representan un aporte de energía y estimulan, a la vez, la actividad de las poblaciones bacterianas degradadoras (Wild, 1992).

Los nutrientes mineralizados son productos secundarios del metabolismo microbiano. En consecuencia, todo lo que afecta a la actividad de los microorganismos, afectará también a la mineralización. Entre los factores más importantes a este respecto, puede mencionarse el agua, oxígeno, pH y la temperatura (Thompson y Troeh, 2002).

El agua gobierna la actividad microbiana del suelo, y por lo tanto, el nivel de humedad también influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Existe un contenido hídrico óptimo para los procesos microbianos (Lavado, 2001).

Thompson y Troeh (2002), señalan que el suelo debe estar húmedo y que la actividad llega a anularse cuando el contenido hídrico del suelo se aproxima al punto de marchitamiento y se reanuda, casi inmediatamente, cuando se recupera la humedad, el re-humedecimiento de un suelo seco produce un incremento dramático “flush” de la actividad microbiana por lo que la velocidad de mineralización es máxima poco después de la re-humectación; más adelante disminuye progresivamente. También menciona que eventualmente un suelo sometido a sucesivas alternancias de humedecimiento y secado, puede llegar a liberar más nitrógeno que otro continuamente húmedo. Estas alternancias provocan una renovación del aire del suelo, absorbiéndolo y expulsándolo sucesivamente, con lo cual favorecen el suministro de oxígeno que, a su vez, impulsa el proceso de descomposición.

2.3.5.2 Tasa de mineralización

La tasa de mineralización de nitrógeno según Lavado (2001), es la velocidad o grado de mineralización y se interpreta como el porcentaje de nitrógeno que se mineraliza y que permite conocer cuánto está siendo liberado en forma disponible en un periodo de tiempo determinado.

Algunos de los factores que más inciden en la tasa de mineralización son la humedad cuando está a un 75 % de su capacidad de campo la mineralización es más rápida y la temperatura del suelo óptima para la mineralización es de 40- 60°C, aunque existen otras condiciones que también influyen como pueden ser las propiedades físicas y químicas del suelo, las prácticas de manejo o la presencia de otros nutrientes (Lavado, 2001). Debido a esta multiplicidad de factores, es de resaltar que en el campo raramente se dan todas las condiciones para que ocurra una óptima mineralización.

En la tabla 4, se muestra el contenido de nitrógeno en los estiércoles de cuatro especies de animales diferentes, donde además se indican las tasas de mineralización.

Tabla 4. Tasa de mineralización de tres tipos de estiércoles en el Código de Buenas Prácticas de la Comunidad Valenciana

Tipo de abono	Contenido de N (%MS)	% N mineralizado (1^{er} año)
Estiércol de bovino	1 – 2	20 – 30
Estiércol de oveja	2 – 2,5	40 – 50
Estiércol de porcino	1,5 - 2	40 – 50
Gallinaza	2 – 5	60 - 90

Fuente: Moreno y Moral (2007).

2.4 Carbono

El movimiento del carbono a través del medio biótico y abiótico se conoce como el ciclo del carbono, y está directamente relacionado al dióxido de carbono. Depende de procesos tanto naturales como antropogénicos que implican su absorción y transformación en el suelo.

2.4.1 Ciclo del Carbono

El ciclo según la figura 2, comienza cuando las plantas, a través de la fotosíntesis y utilizando la clorofila como catalizador, emplean el dióxido de carbono que está presente en la atmósfera o disuelto en el agua; al descomponerse el dióxido de carbono, el carbono pasa a ser parte de los tejidos vegetales en forma de hidratos de carbono (glucosa), grasas y proteínas, pues todas las moléculas orgánicas están

formadas por cadenas de carbono, mientras que el oxígeno es reintegrado a la atmósfera o al agua mediante la respiración.

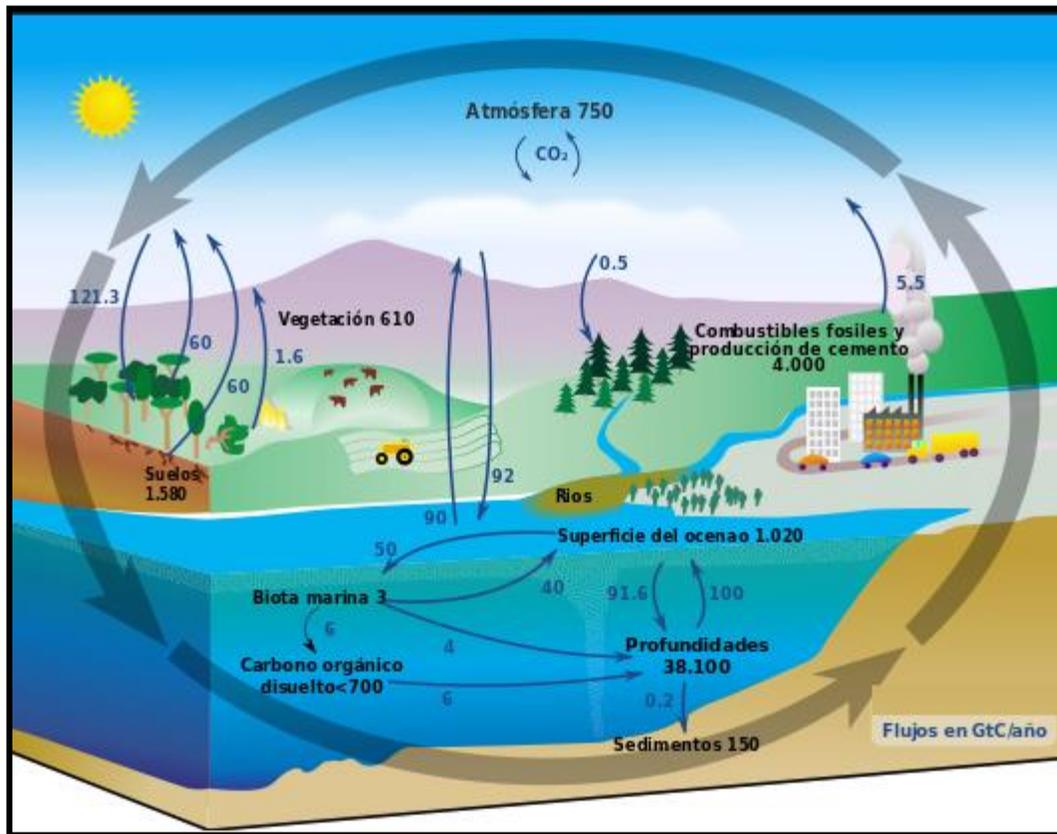


Figura 2. Ciclo del Carbono (Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, 1998)

2.4.2 Mineralización del Carbono

La mineralización del carbono y la descomposición de residuos son procesos esenciales que ocurren en el medio ambiente, al respecto Semmartin (2006), indica que son características fundamentales del ciclo de nutrientes. El carbono orgánico de los residuos vegetales es la principal fuente de energía para el crecimiento celular y el metabolismo en el suelo. Además menciona que el metabolismo del carbono depende, de si los microorganismos requieren compuestos que contienen carbono para su crecimiento y como fuente de energía.

López y Álvarez (2006), indican que el metabolismo puede dar lugar a la mineralización (conversión de un compuesto orgánico de carbono para obtener compuestos inorgánicos). La señal más evidente de este proceso es la respiración

en el suelo. El metabolismo puede dar lugar a la producción de compuestos biológicamente activos o inactivos y puede generar la incorporación de materia orgánica al suelo.

La actividad metabólica de los microorganismos aerobios y de algunos anaerobios del suelo puede ser cuantificada por medio de la producción de CO₂, el cual es un producto de la respiración de dichos microorganismos (Semmartin, 2006).

El mismo autor menciona que el proceso de descomposición de los materiales orgánicos se inicia por la fragmentación a través de la acción de la macro y meso fauna, seguido por la despolimerización de las moléculas complejas a través de la acción de enzimas extracelulares de la micro flora resultando en la producción de monómeros y dímeros (azúcares, disacáridos, ácidos aminados, di péptidos, etc.). Parte de estos compuestos, pasan por la membrana celular, que servirá para la síntesis microbiana (asimilación) y otra parte será mineralizada para la producción de energía resultando en la liberación de CO₂.

2.4.2.1 Factores que influyen en la mineralización del carbono

Los factores involucrados en la actividad microbiana según Jenkinson (1992) mencionado por Mora (2006), son aquellos que influyen en la descomposición de materiales orgánicos son la temperatura, pH, humedad, disponibilidad de O₂, nutrientes inorgánicos y accesibilidad al sustrato, entre otros.

La humedad de la actividad microbiana, medida por el CO₂ desprendido, está fuertemente influida por el potencial hídrico. Suelos desecados hasta un potencial hídrico de -10 MPa liberan CO₂ con una velocidad del orden del 50% de la observada si los suelos son incubados con un contenido óptimo de humedad, normalmente con un potencial hídrico comprendido entre -20 y -50 kPa. Cuando el potencial hídrico alcanza valores muy negativos, la actividad microbiana cesa (Jenkinson, 1992 citado por Mora, 2006). Este efecto negativo de las condiciones de sequía puede ser contrarrestado por el papel amortiguador de las fluctuaciones de potencial de agua que realizan los polisacáridos extracelulares.

Las características del suelo y vegetación así como los exudados que producen las raíces, cambian las propiedades físicas y químicas de los suelos; en particular, la estructura, porosidad y pH; factores que en su conjunto actúan de un modo u otro para influir sobre la densidad y la actividad de los microorganismos. Así mismo, señala que la edad de la planta también altera la flora edáfica, pues parece que los microorganismos responden más a las secreciones de la raíz que a los tejidos en descomposición; por otra parte, la forma de enraizamiento de las plantas modifica algunas propiedades del suelo.

Las prácticas de cultivos ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbianas del suelo. La influencia del arado es muy intensa sobre las poblaciones de bacterias inmediatamente después de la ruptura del suelo, el número de microorganismos aumenta 20 ó 30 veces (Alexander, 1980 citado por Mora, 2006), esto debido a la modificación de las condiciones de porosidad y por lo tanto del flujo de gases y agua a través de los espacios vacíos.

Con relación a la temperatura, la ley de Van't Holf que señala que por cada 10 °C de aumento de la temperatura se duplica la velocidad de las reacciones químicas, lo que conlleva a que las reacciones son muy rápidas en los climas cálidos y muy lentos en los fríos, y una observación interesante es que la temperatura ejerce un efecto pronunciado sobre la liberación de CO₂ del suelo proveniente de la respiración microbiana (Paul y Clarck, 1989 citados por Mora, 2006).

El mismo autor indica que los suelos se humedecen en forma tal que los macroporos quedan llenos de agua, la descomposición de la materia orgánica queda limitada por la velocidad con que el oxígeno puede difundirse hasta los puntos con actividad microbiana.

2.4.3 Respiración del suelo

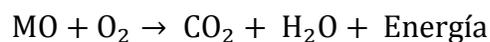
Uno de los indicadores biológicos de la calidad del suelo es la respiración a lo que García *et al.* (2003), denominan con el término “respiración del suelo”, que también ha sido definido de forma muy diversa. Así para Anderson (1982), la respiración del suelo es definida como la absorción de O₂ y/o liberación de CO₂ por los organismos vivos existentes en el suelo (raíces de plantas; macro y microfauna),

mientras que la respiración microbiana es definida por este mismo autor como el consumo de O₂ o desprendimiento de CO₂ por bacterias, hongos, algas y protozoos, incluyendo el intercambio de gases por el metabolismo de organismos tanto aeróbicos y anaeróbicos.

En definitiva, podemos resumir que el termino respiración del suelo hace referencia a la actividad biológica global de la biota del suelo, incluyendo a los microorganismos (bacterias, algas, hongos y protozoos), macro-organismos (lombrices de tierra, nematodos e insectos), y las raíces de las plantas, mientras que la respiración microbiana refleja exclusivamente la actividad metabólica de los microorganismos (García *et al.* 2003).

2.4.3.1 Importancia de la respiración del suelo en la calidad del mismo

García *et al.* (2003), indica que la respiración del suelo es un proceso que refleja la actividad biológica del mismo y se pone de manifiesto a través del desprendimiento de CO₂ o el consumo de O₂ resultante del metabolismo de los organismos vivos existentes en el suelo. Todos los microorganismos heterótrofos tienen la propiedad de degradar la materia orgánica, obteniendo la energía que necesitan para su desarrollo a través de la descomposición de compuestos orgánicos tales como la celulosa, proteínas, nucleótidos y compuestos humificados. En estas reacciones redox de oxidación de la materia orgánica por los microorganismos (respiración microbiana), el oxígeno funciona como aceptor final de electrones obteniéndose como producto final del proceso CO₂ y H₂O. La reacción general de descomposición de la materia orgánica (MO) por los microorganismos heterótrofos es:



Por tanto, la actividad metabólica de los microorganismos del suelo puede ser medida mediante el desprendimiento de CO₂ o el consumo de oxígeno (García *et al.* 2003).

2.5 Importancia de la relación carbono-nitrógeno

Dado que el nitrógeno se encuentra directamente ligado a la materia orgánica, la mineralización de este nutriente ocurre junto con la oxidación del carbono, que pasa a dióxido de carbono. La formación de nitrógeno inorgánico (nitratos), se produce cuando los microorganismos requieren carbono como fuente energética. Por consiguiente, la causa principal de la mineralización de nitrógeno es la necesidad de carbono por parte de los microorganismos, y no los requerimientos de este nutriente. Por esa razón, el productor no puede gobernar la liberación de estos nutrientes de la materia orgánica: los nutrientes se liberan porque los microorganismos requieren energía, lo cual depende de la temperatura y la humedad del sustrato (Lavado, 2001).

Thompson y Troeh (2002), mencionan que la acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar el nitrógeno. El principal factor que determina cuál de los dos procesos va a ocurrir es la relación carbono-nitrógeno (C/N). Los microorganismos utilizan el nitrógeno para construir sus propios cuerpos y como fuente energética. La cantidad de nitrógeno que necesita la población microbiana es proporcional a la cantidad de carbono que ingresa en ella. Aunque el material orgánico añadido al suelo posea una relación C/N amplia, el nitrógeno, eventualmente, llega a mineralizarse, pero necesita un periodo de espera o latencia. Cuanto mayor es la relación C/N más largo es el periodo de inmovilización neta. Cuanto menor es la relación C/N, antes se realiza la mineralización del nitrógeno.

Los mismos autores señalan que la relación de carbono mineralizado: nitrógeno mineralizado disminuye un poco a medida que la velocidad de producción de nitrógeno aumenta, de manera que una microflora que forma nitrato activamente tiende a liberar carbono y nitrógeno en una relación alrededor de 7:1 mientras que aquellas menos activas tienen relaciones cercanas a 15:1. El equilibrio puede ser alterado por la introducción de sustratos externos; por ejemplo, los residuos escasos en proteína favorecen la formación de CO₂, mientras que los materiales ricos en proteínas favorecen la liberación de nitrógeno.

Los microorganismos heterótrofos, ya sean bacterias, hongos o protozoos, necesitan material orgánico como fuente de carbono combinado de la que obtienen energía mediante la respiración y carbono para la síntesis celular. Además de este carbono, los microorganismos requieren la presencia de nitrógeno y otros nutrientes. El amonio es el punto final de la degradación de las proteínas y, a su vez, es utilizado por los organismos para las síntesis celulares. Si en el sustrato orgánico existe más nitrógeno del requerido para la nutrición de los organismos, el exceso se libera como producto de excreción. Por el contrario, si el contenido de nitrógeno es insuficiente, los organismos utilizarán el nitrógeno mineral del suelo para compensar la deficiencia y el resultado conduce a una inmovilización del nitrógeno. El balance entre amonio liberado y el nitrógeno inmovilizado depende de la relación C/N de los compuestos integrantes de las células que se forman, de la eficiencia energética de los organismos y de la relación C/N del material en descomposición (Wild, 1992).

2.6 Bioinsumo - Terrabiosa

Cuando hablamos de bioinsumos nos referimos a aquellos productos elaborados a partir de organismos benéficos como insectos, hongos, bacterias o bien, extractos de plantas (PROINPA, 2012). El mismo autor indica que la Terrabiosa es un activador y biodegradador de la materia orgánica que tiene la propiedad de mejorar el proceso de compostaje y elimina olores indeseables. Es un producto orgánico basado en hierbas medicinales y aromáticas que contiene más de 30 bacterias ácidos lácticos, bacterias fotosintéticas y levaduras benéficas con un bajo pH de 3,5. Es una mezcla de bacterias, ácidos lácticos, bacterias fotosintéticas y levaduras.

Estos microorganismos trabajan para combatir aquellas bacterias que crean problemas fitosanitarios. Los microorganismos benéficos que contiene, sirven para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) organismos patógenos y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas. También se usa para combatir olores, reducir los costos del volteo de compostaje, acelerar el proceso de compostaje hasta en 50 %, se ahorra tiempo y mano de obra (Ortuño *et al.*, s.f.).

3 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés.

El suelo fue recolectado de la comunidad de Patarani perteneciente al cantón Villa Patarani del Municipio de Patacamaya, localizada en la Provincia Aroma del departamento de La Paz (Figura 3). Geográficamente, la comunidad se sitúa entre las coordenadas 16°42'12" latitud Sud y 67°52'11" longitud Oeste. Se encuentra ubicada aproximadamente a 35 km al sur de la ciudad de La Paz, a una altitud 3.800 msnm.

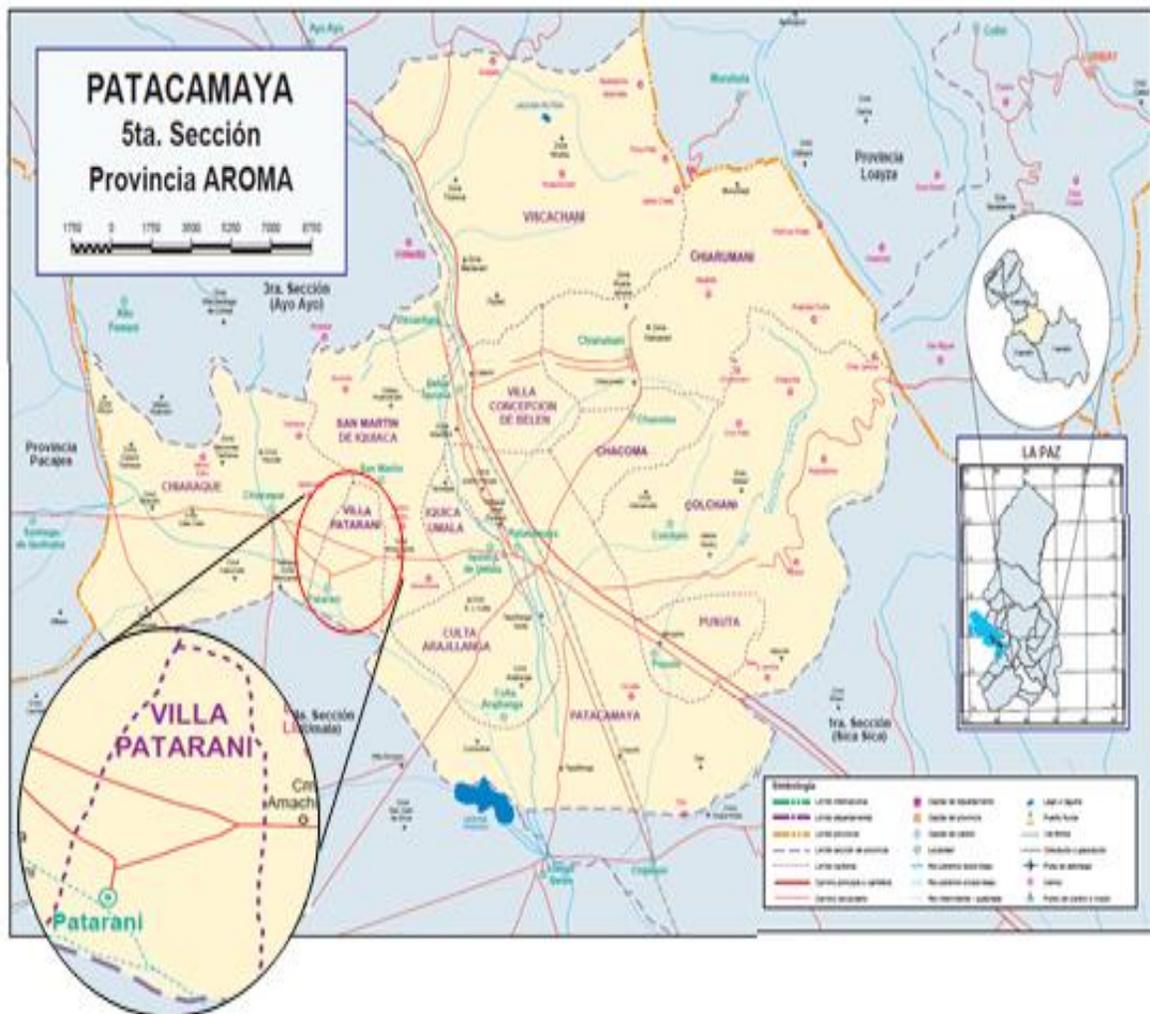


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de muestreo del material de estudio (INE, 2012).

3.1 Características de la zona

3.1.1 Clima

El clima de esta región altiplánica es semiárida, se caracteriza por tener una estación seca que comprende desde el mes de abril a septiembre (donde generalmente el productor solo se dedica a la actividad pecuaria) y la estación húmeda de octubre a marzo (en estos meses es donde se dedica el productor a la agricultura). En tanto que el comercio desarrolla sus actividades durante todo el año.

3.1.2 Suelo

Los suelos del municipio Patacamaya tienen la particularidad de ser heterogéneo debido a su origen fluvio lacustre; en las partes altas de formación coluvial, se caracteriza por tener un horizonte superficial franco-arenoso (PDM Patacamaya, 2006-2010). Por otro lado Chilón (1992) citado por Mita (1995), mencionan que los suelos del altiplano son de formación aluvial, coluvial y coluvio aluvial, constituido por materiales de erosión de las partes altas y laderas; a partir de las cuales se han formado suelos sin marcado desarrollo pedológico. Según el sistema de clasificación de la Soil Taxonomy, pertenecen al orden Entisoles.

Por otro lado Ramos (1994) citado por Caballero (2013), aporta que el análisis físico y químico del suelo en Villa Patarani, con muestras extraídas hasta un metro de profundidad de una calicata antes de la labranza primaria. Se puede observar 3 horizontes bien definidos (Ap, Bw, C) sin nivel de piedras con arcilla. La textura que predomina es franco arenoso con una alta presencia de gravas y piedras en la capa arable. El pH es neutro, muy próximo a 7, la conductividad muestra que son suelos con poca cantidad de sales. Mientras que la materia orgánica es baja corroborando la aseveración de muchos autores sobre fertilidad baja de estos suelos.

3.1.3 Fisiografía

La comunidad se encuentra a una altitud de 3800 msnm; dentro de esta región se distingue al Altiplano semiárido, el ámbito topográfico corresponde a serranías y mesetas de material coluvial con intrusiones volcánicas (Montes de Oca, 1997).

3.1.4 Flora y Fauna

La composición florística está compuesta predominante por gramíneas perennes, alternadas con arbustos muy dispersos que se desarrollan durante el periodo lluvioso. En la tabla 5 se puede observar la descripción de especies existentes en el lugar.

Tabla 5. Especies nativas en la Puna seca de Patacamaya y sus usos

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	USOS
<i>Bromus catarticus</i>	Gramineae	Cebadilla	Forraje
<i>Buddleja incana</i>	Logoniaceae	Kolle	Leña-medicina
<i>Chenopodium sp.</i>	Chenopodaceae	Quinoa silvestre	Forraje- medicina
<i>Distichilis humilis</i>	Gramineae	Urcochiji	Forraje
<i>Festuca dolichophylla</i>	Gramineae	Chillihua	Forraje-construcción
<i>Festuca orthophylla</i>	Gramineae	Iruichu	Construcción-forraje
<i>Schoenoplectus totora</i>	Orchidaceae	Totora	Artesanía-Forraje
<i>Tetraglochin cristatum</i>	Fabaceae	Kailla	Leña
<i>Cortaderia speciosa</i>	Gramineae	Sewenka	Forraje
<i>Bacchariso btussifolia</i>	Compositae	Chuachua	Leña-forraje
<i>Baccharis sp.</i>	Compositae	Carwathola	Forraje-leña-medicina

Fuente: PDM – Patacamaya, 2006 – 2010.

La biodiversidad de animales, depende de las características ecológicas del hábitat, el municipio de Patacamaya se constituye por presentar especies nativas e introducidas, en este caso, en la tabla 6 se describen las especies domésticas, que favorecen a la producción de carne, leche, huevo, fibra y animales de carga.

Tabla 6. Especies domésticas de producción

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Oveja	Ovis aries
Vaca	Bos tauros
Llama	Lama glama
Porcino	Sus sp.
Asnos	Equus asinus
Aves de corral	Gallus domesticus

Fuente: PDM – Patacamaya, 2006 – 2010.

3.1.5 Actividad agrícola

Según el PDM Patacamaya (2006-2010), la producción agrícola es principalmente para autoconsumo y los excedentes son comercializados o transformados como es el caso de la papa en chuño y tunta, por lo tanto entre los cultivos existentes tenemos a los siguientes: papa, cebada, quinua, cebolla, lechuga, zanahoria, alfalfa, entre otros.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material de Laboratorio

- Balanza analítica
- Matraz Erlenmeyer
- Pipetas
- Vasos precipitados
- Buretas
- Hornilla

• Reactivos

- Cloruro de potasio
- Ácido Bórico
- Cloroformo
- Pastillas catalizadoras
- Ácido Bórico
- Ácido Clorhídrico
- Fenolftaleina
- Óxido de Magnesio
- Liga Devarda
- Ácido sulfúrico
- Soda caustica 30 %
- Hidróxido de sodio
- Cloruro de Bario

• Equipos

- Incubadora
- Agitador rotatorio
- Destilador de Kjeldhal
- Digestor

4.1.2 Material de Escritorio

- Cuaderno de notas
- Programa SAS 9.1 y InfoStat 2013
- Computador

4.1.3 Material de Estudio

Suelo, fue recolectado de la comunidad de Villa Patarani, a una profundidad de 10 cm, a continuación en la tabla 7 se observa las características físicas y químicas del mismo.

Tabla 7. Características físicas y químicas del suelo en estudio

Prof cm	A %	ar %	L %	Textura	Dap gr/cc	pH	CE uS/cm	MO %	N ppm	P ppm	K ppm
10	73,2	16,8	10	Franco Arenoso	1,57	7,2	74,33	0,76	0,71	0,07	0,59

Fuente: Caballero (2013)

Estiércol ovino, fue recogido del mismo corral en su fase de estabilización, de la comunidad de Villa Patarani. Las características físicas y químicas se observan en la tabla 8:

Tabla 8. Características físicas y químicas del estiércol ovino

Dap	pH	N %	P %	K %	C.E mS/cm	Materia Seca	Humedad %	MO %
0,4	7,43	2,09	0,36	0,66	5,39	96,95	3,05	32,96

Fuente: IBTEN (2012)

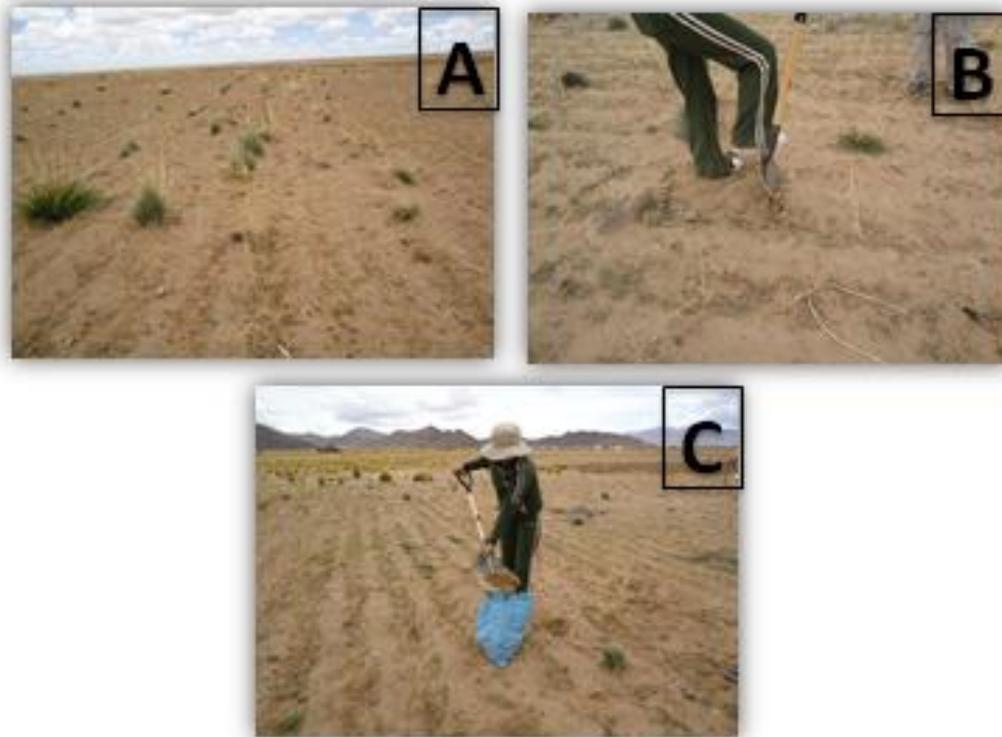
El bioinsumo Terrabiosa, fue adquirido de la Fundación PROINPA es una mezcla de hierbas aromáticas orgánicas, que son fermentadas con una combinación especial de cultivos ácido láctico. Durante la fermentación se forma el ácido láctico, lo que da un bajo pH de 3,5. Este bajo pH previene el desarrollo de bacterias dañinas en el producto terminado (Anexo 1, ficha descriptiva).

4.2 Metodología

4.2.1 Procedimiento Experimental

Muestreo del suelo, la recolección de muestras de suelo se realizaron de una parcela en descanso (7 años) que anteriormente se sembró quinua, se extrajeron a una profundidad de 10 cm porque existe mayor dinámica de nutrientes y microorganismos por encontrarse en la capa arable. El muestreo fue realizado en fecha 23 de noviembre de 2011.

El recorrido efectuado para la toma de las sub muestras se realizó por el método sistemático que consiste en trazar una “Z” por todo el terreno, obteniendo de esta forma muestras representativas del lugar (Figura 4). Posteriormente se efectuó el cuarteo, colocando el material en bolsas plásticas y su respectiva identificación. Para posteriormente determinar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.



**Figura 4. A: Parcela de quinua en descanso; B: Extracción de la muestra
C: Mezcla de las sub muestras**

Recolección del estiércol ovino, se recolecto 9 kilogramos de estiércol estabilizado del corral en fecha 23 de noviembre de 2011 (Figura 5), la misma fue introducida en un saco para ser trasladado al laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.



Figura 5. Lugar de recolección del estiércol Villa Patarani (Patacamaya)

En la figura 6 se observa la preparación de las unidades experimentales que constaron de suelo y estiércol en distintas dosis de acuerdo a los tratamientos planteados en la investigación; fueron tamizados en mallas de 2 mm y 4 mm respectivamente; una vez tamizados se homogeneizaron realizando el cuarteo respectivo, se las llevó a capacidad de campo. Terminado este procedimiento se añadió 100 g de la preparación a cada recipiente de acrílico que presenta 7,5 cm de altura y 5 cm de diámetro con una capacidad de 130 ml. Al término de la preparación de las unidades experimentales se distribuyó cada una de ellas, para realizar las determinaciones correspondientes a la investigación.

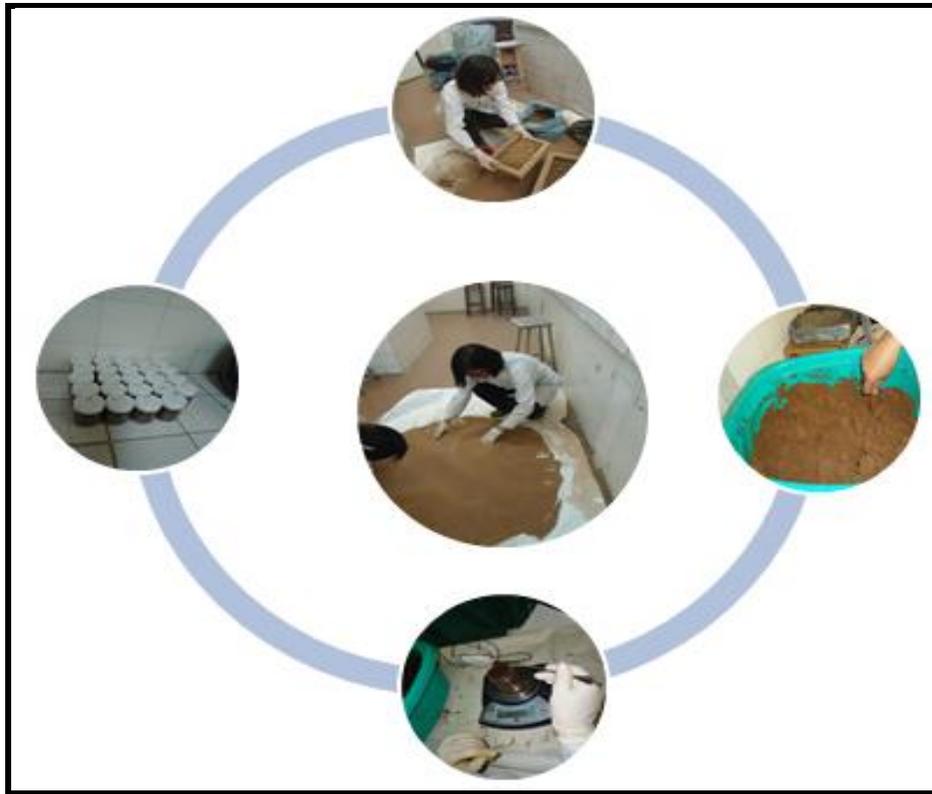


Figura 6. Preparación de las unidades experimentales

4.2.2 Diseño experimental

Para el análisis se utilizó el modelo estadístico Diseño Completamente al Azar con 3 repeticiones, con arreglo bi-factorial cuyo Modelo Lineal Aditivo es el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Vicente (2005)

Dónde:

X_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Error experimental

Factor A: Bioinsumo (Terrabiosa)

a1: Sin Bioinsumo

a2: Con Bioinsumo

Factor B: Dosis de estiércol

b1: 0Ton ha⁻¹

b2: 10Ton ha⁻¹

b3: 20Ton ha⁻¹

TRATAMIENTOS	INTERACCIÓN	DESCRIPCION	
T1	a1b1	0 Ton ha ⁻¹	
T2	a1b2	10 Ton ha ⁻¹	Sin bioinsumo
T3	a1b3	20 Ton ha ⁻¹	

T4	a2b1	0 Ton ha ⁻¹	
T5	a2b2	10 Ton ha ⁻¹	Con bioinsumo
T6	a2b3	20 Ton ha ⁻¹	

4.2.3 Variables de Respuesta

4.2.3.1 Nitrógeno mineral

Se incubaron las unidades experimentales anteriormente preparadas, donde las condiciones de humedad y temperatura son controladas, los periodos de incubación fueron de 0; 5; 10; 14; 20; 30; 50; 80; 110 y 140 días. Para esta actividad se tuvieron 6 tratamientos* 3 repeticiones * 10 fechas de evaluación, se analizaron 180 unidades experimentales.

Las unidades experimentales se mantuvieron en la incubadora por un periodo de 140 días, en ausencia de luz y a temperaturas que oscilan de 12 a 15°C. Con respecto a la aireación los frascos fueron abiertos cada 2 días por 15 minutos aproximadamente.

Los frascos de 1700 ml contienen a las unidades experimentales que son los recipientes de acrílico con una capacidad de 130 ml (Figura 7).



Figura 7. Croquis del experimento Nitrógeno Mineral

Determinación del Nitrógeno Mineral

Se procedió a la extracción del Nitrógeno mineral adicionándose 12,5 g de suelo húmedo homogenizado en 50 ml de KCl 1M y posterior agitación durante 30 min a 180 rpm en el agitador mecánico horizontal.

Determinación de N-NH₄, se pesó 0,2 g MgO, este se destilo por el lapso de 2 minutos, el destilado (35-40 ml) se colectó en un matraz que contenía 5 ml de indicador de ácido bórico.

Determinación de N-NO₃, se dejó enfriar el tubo donde se ha determinado el NH₄, a este se adiciono 0,2 g de aleación Devarda luego se volvió a destilar por 2 minutos, el destilado (35-40 ml) se recolecto en un matraz con un contenido de 5 ml de indicador de ácido bórico. Estas muestras se titularon con ácido sulfúrico 0.005N (Tedesco, 1995) (Ver anexo 2).

El contenido de N se calculó mediante la fórmula:

$$N (mg\ kg^{-1}) = \frac{(A-B)*N*14*1000}{s} \quad \text{Tedesco (1995)}$$

Dónde:

- A = gasto H₂SO₄ para titular la muestra
- B = gasto de H₂SO₄ para titular la muestra en blanco.
- N = Normalidad del H₂SO₄
- 14 = meq de Nitrógeno
- S = peso de la muestra en gramos (suelo seco 105°C)

Determinación de la tasa de mineralización

Los primeros en proponer una metodología para estimar el nitrógeno potencialmente mineralizable N_0 en ambas reservas lábil y estabilizada, y sus constantes de mineralización (k) mediante incubaciones prolongadas de tiempo fueron Stanford y Smith (1972) citado por Córdova (2010). La tasa constante de mineralización (k) es proporcional a la cantidad de nitrógeno potencialmente mineralizable (N_0) para un período específico de tiempo (t). Se obtiene:

$$N_{min} = N_0(1 - e^{-kt}) \quad \text{Stanford y Smith (1972)}$$

Dónde:

- N_{min} = Nitrógeno mineralizado en campo (mg/kg-día)
- N_0 = Nitrógeno potencialmente mineralizable (mg/kg)
- k = Constante
- t = Tiempo (días)

Las soluciones se obtienen por el método de mínimos cuadrados no lineales, usando la transformación lineal de Gauss con el método Marquardt. El análisis estadístico se hizo con el PROC NLIN de SAS v. 9.2 (SAS Institute, 1999).

Determinación del nitrógeno total

Se la realizó por el método de Kjeldahl, que consistió en pesar 0,5 g de suelo, se colocaron en los tubos de digestión junto con pastillas catalizadoras, añadiéndoles ácido sulfúrico 8 ml se colocó al digestor por 1 ½ hora, seguidamente se adiciono soda caustica al 30 %, hasta que no exista reacción, seguidamente se llevó al destilador Kjeldahl por dos minutos. De esta manera obtuvimos lo que es el nitrógeno total de las muestras. Se empleó la siguiente fórmula:

$$\% N = \frac{(M - B) * C * 14}{m}$$

Aguilar *et al.* (1987)

Dónde:

- M = muestra a titular (ml)
- B = blanco a titular (ml)
- C = concentración del titulante
- 14 = constante
- m = masa de la muestra (gr)

4.2.3.2 Dióxido de Carbono

Se analizaron 21 unidades experimentales, al igual que para la determinación de nitrógeno mineral se utilizaron recipientes de plástico con una capacidad de 130 ml, estos frascos se acondicionaron dentro de frascos de vidrio de 1000 ml de capacidad. Las unidades experimentales fueron mantenidas en la incubadora por un periodo de 140 días.

La descomposición del estiércol fue medido a través de la cuantificación de la liberación de C-CO₂. Se evaluaron a los 0; 5; 10; 14; 20; 30; 50; 80; 110 y 140 días después del inicio de la incubación (Stotzky, 1995 mencionado por Giacomini, 2005).



Figura 8. Croquis del experimento CO₂

Determinación de la Actividad Microbiana C-CO₂

La determinación de la actividad microbiana se releja en la figura 9 donde el C-CO₂ liberado en cada tratamiento fue capturado en 10 ml de la solución NaOH 1M, colocada en frascos de vidrio con capacidad de 50 ml, suspendido en el interior del frasco de vidrio. Para obtener el exceso de NaOH, se hizo precipitar el NaCO₃ con BaCl₂ 1M, y el NaOH restante en cada intervalo de la colecta se titula con una solución de HCl 0,5N (Ver anexo 3)

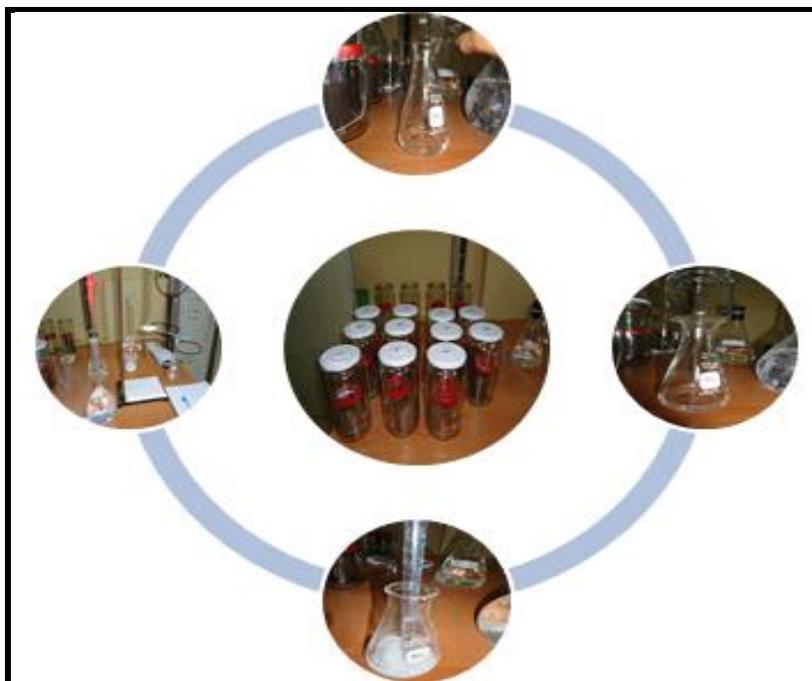


Figura 9. Determinación de la Actividad Microbiana

La cantidad de C mineralizado fue calculado en cada fecha de evaluación a través de la siguiente fórmula según CAB (Centro de Agro biología del Brasil) descrito por Montenegro (2008):

$$CO_2(mg) = (B - V)NE$$

Dónde:

- B = Gasto de HCl para titular la prueba en blanco (ml)
- V = Gasto de HCl para titular la muestra (ml)
- N= Normalidad HCl
- E= Peso equivalente

El cálculo de la velocidad de mineralización de dióxido de carbono en el intervalo de tiempo fue evaluado a partir de la siguiente fórmula:

$$VMC = \frac{CO_2 \text{ capturado por el NaOH}}{t}$$

Dónde:

- VMC = Velocidad de mineralización del carbono en mg de $CO_2 \text{ kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$
- CO_2 = Cantidad de CO_2 capturado por el NaOH en el intervalo de tiempo ($CO_2 \text{ kg}^{-1}$)
- t = Representa el período de tiempo de cada intervalo (días)

Determinación de la Materia Orgánica

Se realizó por el método de Walkley y Black; que consiste en la oxidación de la materia orgánica solo con el calor de reacción que genera al mezclar el ácido sulfúrico concentrado y la solución diluida de dicromato de potasio.

Se pesó 0,5 g de suelo, se le agregó 10 ml de dicromato de potasio 1N, más 20 ml de ácido sulfúrico al 97 % seguidamente se agito y se dejó reposar por 30 minutos. Posteriormente se diluyo con 200 ml de agua destilada, se añadió 10 ml de ácido fosfórico al 85 % y 30 gotas de difenilamina como indicador y se tituló con sulfato ferroso 1 N (Aguilar *et al.*, 1987) (Ver anexo 4).

El porcentaje de carbono orgánico se calculó con la siguiente expresión:

$$\% C = \frac{(V_0 - V) * 0,003 * F * 100}{P}$$

Dónde:

C = Porcentaje de Carbono

Vo = Volumen gastado para valorar la muestra en blanco (ml)

V = Volumen de sal Mohr gastado en valorar muestra (ml)

F = Factor de corrección de la normalidad de la sal de Mohr

P = Peso muestra (gr)

Determinación del pH y Conductividad Eléctrica

Para la determinación de pH y CE se pesaron 10 g de suelo al cual se le agregó 20 ml de agua destilada, posteriormente se colocó a un agitador mecánico por 30 minutos se dejó asentar la solución por 15 minutos. Posteriormente se midió el pH con un potenciómetro previamente calibrado (Santelises, 1987).

La determinación de la conductividad eléctrica, se la realizó en la misma solución (suelo- agua) para este insertaron electrodos (combinado y de platino).

4.2.3.3 Biomasa Microbiana

Para la determinación del carbono microbiano, se procedió a pesar 20 g de muestra a los que se añadió 20 ml de agua destilada a unas y a otras 20 ml de cloroformo (sin y con fumigar), seguidamente las muestras fumigadas pasaron por un desecador durante 24 hrs a temperatura ambiente y en la oscuridad, se extrajo el aire hasta no percibir olor a cloroformo. Este análisis se realizó al inicio de la investigación y al final.

Se añadió 80 ml de sulfato de potasio K_2SO_4 0,5 M se agitó durante media hora. Posteriormente se agrega 8 ml de ácido sulfúrico más una pastilla catalizadora; posteriormente se llevó al digestor por 1 ½ hora, se añadió 80 ml de muestra, así también 2 ml de dicromato de potasio, después 10 ml de ácido sulfúrico y 5 ml de ácido fosfórico. Posteriormente se llevó a reflujo por 30 minutos. Seguidamente se adicionó 80 ml de agua destilada y 2 ml de di fenilamina y se llevó a titular con sulfato ferroso (Ver anexo 5).

La biomasa-C microbiana por el método de extracción Brookes *et al.* (1985) citado por Echevarría *et al.* (s.f) se calculó de la siguiente forma:

$$\frac{\mu gC}{grsuelo} = \frac{(B - L) * N * 0.0033 * V_1 * 10^6}{P * V_2}$$

Dónde:

B = lectura en blanco (ml)

L = lectura de las muestras (ml)

N = normalidad del sulfato ferroso

V1 = volumen del extracto (ml)

V2 = volumen titulado del extracto (ml)

P = peso seco de la muestra (gr)

Luego se genera la diferencia entre las muestras fumigadas y no fumigadas a partir de la siguiente expresión:

$$BMS = \frac{\mu g C_f - \mu g C_{nf}}{0.33}$$

Dónde:

$\mu g N_f$ = microgramos de carbono de suelo fumigado

$\mu g N_{nf}$ = microgramos de carbono de suelo no fumigado

La determinación del coeficiente metabólico $q(CO_2)$ se realizó por medio de los resultados de actividad microbiana por el gasto de carbono que se encuentran relacionados con la biomasa microbiana:

$$q(CO_2) = \frac{\text{Actividad microbiana } (\mu g C g^{-1} \text{ suelo})}{\text{Biomasa microbiana } (\mu g C g^{-1} \text{ suelo})}$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La mineralización del nitrógeno se obtuvo por medios de análisis de nitrógeno mineral, actividad microbiana y biomasa microbiana a continuación se presenta los resultados obtenidos.

5.1 Nitrógeno Mineral

Tedesco (1995), mencionan que desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, el nitrógeno mineral se encuentra en forma de amonio y nitrato, este último se encuentra en cantidades muy pequeñas, por lo tanto su evaluación es difícil por estas formas de nitrógeno que se modifican rápidamente por la mineralización de la materia orgánica (amonificación, nitrificación, desnitrificación).

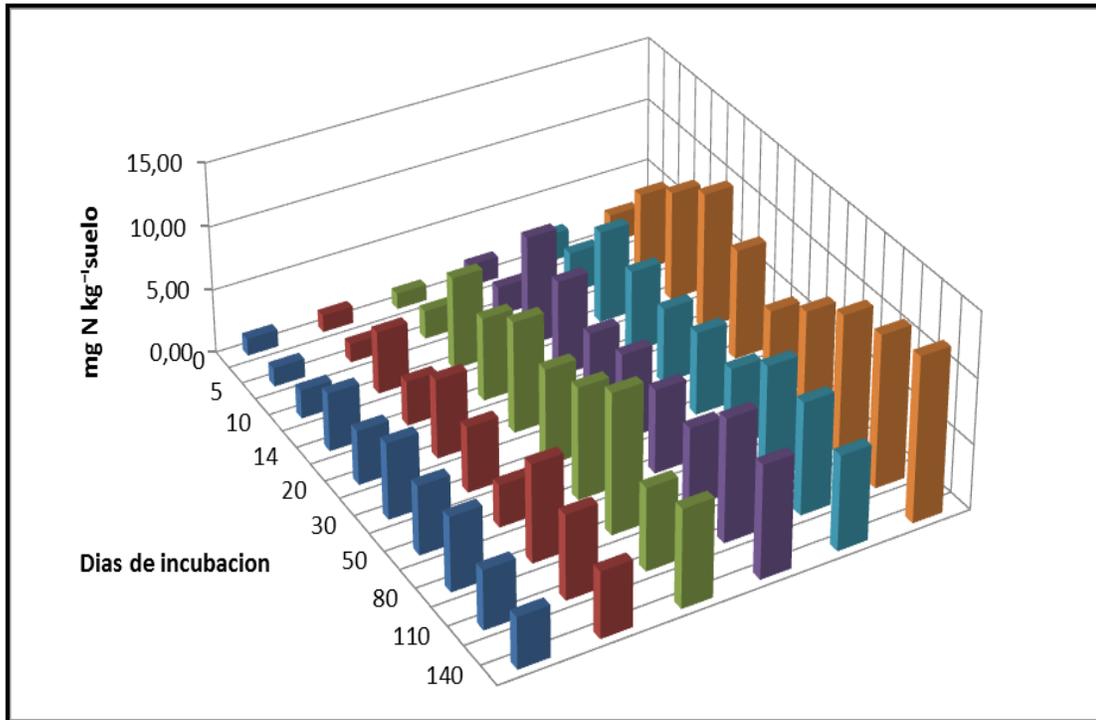
El trabajo realizado por Ruiz (1988), en la comunidad de Huaraco, muestra cantidades de hasta 50 kg de nitrógeno mineral por hectárea en un suelo de cultivo en los meses de diciembre y enero. En base a nuestros resultados la máxima cantidad obtenida fue de 12,63 mg N kg⁻¹suelo en condiciones controladas.

Las fluctuaciones del nitrógeno mineral reflejado en la figura 10, expresa el comportamiento de los tratamientos respecto a la liberación de nitrógeno mineral desde el inicio hasta el final de la incubación; mostrando que en un tiempo cero se obtuvo de 1,32 a 2,27 mg N kg⁻¹suelo y al final de los 140 días presentan un rango de 3,9 a 12,63 mg N kg⁻¹suelo. La aplicación de estiércol más el bioinsumo que corresponde al T6 presenta mayor contenido de nitrógeno mineral, según Córdova (2010), el manejo que se da a los abonos orgánicos repercute en el proceso de mineralización este comportamiento es observado en condiciones de laboratorio y se espera que exista la misma relación aunque en diferentes magnitudes en condiciones de campo; en su investigación observa que para un suelo fluvisol¹ más vermicompostaje² sin remoción su concentración de nitrógeno es de 0,021 g N por hectárea; lo compara con el mismo suelo pero con la adición de vermicompostaje con remoción que es de 0,029 g N por hectárea. Por otro lado Labrador (2001),

¹ Fluvisol son suelos formados a partir de depósitos aluviales recientes, excepto marinos a más de 50 cm de profundidad.

² Edward (2004). Vermicompostaje es el proceso de compostaje especial que implica la adición de ciertas especies de lombrices de tierra epigeas para mejorar la conservación de residuos orgánicos.

menciona que el contenido de nitrógeno se relaciona con la materia orgánica y el suministro de nitrógeno depende de los distintos componentes orgánicos que presentan los abonos.



	0	5	10	14	20	30	50	80	110	140
■ T1	1,33	1,46	2,20	4,49	4,17	5,83	5,28	5,67	4,49	3,90
■ T2	1,33	1,46	4,85	3,44	6,11	5,03	3,23	7,50	6,44	5,03
■ T3	1,24	2,21	7,25	6,46	8,62	7,48	8,62	10,7	6,32	7,48
■ T4	1,73	2,26	8,62	7,48	5,83	6,66	6,46	6,11	9,43	8,62
■ T5	2,21	3,23	7,25	6,43	5,87	6,44	6,11	8,84	8,62	7,25
■ T6	2,27	6,22	8,62	10,7	8,62	6,23	8,62	10,7	11,7	12,6

Figura 10. Comportamiento del Nitrógeno Mineral durante los 140 días de investigación

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

Entre los 10 a 50 días el T3 presenta una fluctuación de 6,46 y 8,62 mg N kg⁻¹suelo y a los 80 días se tiene 10,7 mg N kg⁻¹ suelo como el mayor desprendimiento; mientras que el T6 en las mismas fechas (10-50 días) reflejan 6,23 a 10,77 mg N kg⁻¹ suelo, y a partir de los 80 días incrementa su contenido de 10,77 mg N kg⁻¹suelo a los 110 días y 11,74 a 12,63 mg N kg⁻¹ suelo a los 140 días. Según Cerrato *et al.* (2007), la

degradación de cantidades mayores de materia orgánica en un suelo orgánico lleva a una mayor acumulación de nitrógeno mineralizado. Podemos señalar que la acción del bioinsumo terrabiosa como acelerador de la descomposición de la materia orgánica coadyuvó a presenciar mayor cantidad de nitrógeno mineral en el T6 durante la experimentación.

En la figura 11 se presenta la evaluación del nitrógeno mineral, para el **día 0**, los tratamientos T5 y T6 presentan un mayor desprendimiento de nitrógeno mineral de 2,10 y 2,27 mg N kg⁻¹ suelo respectivamente, y el tratamiento con menor contenido fue el T3 con 1,24 mg N kg⁻¹ suelo.

El **día 5** de evaluación, los T1 y T2 cuentan con 1,46 mg N kg⁻¹ suelo; mientras que en el T5 se observa un incremento de 1,02 mg N kg⁻¹ suelo; pero para T6 su incremento fue de 3,95 mg N kg⁻¹ suelo de nitrógeno mineral.

Para el **día 10** el incremento se dio para todos los tratamientos existiendo igualdad entre T3 y T5 de igual manera entre T4 y T6. Por otro lado en el **día 14** refleja que los tratamientos T1 y T6 elevan su contenido de nitrógeno mineral, T2; T3; T4 y T5. Por lo tanto podemos indicar que a los 14 días existe un mayor desprendimiento de nitrógeno por parte de los tratamientos.

Día 20, en esta fecha se observa que para T1 existe una leve disminución, mientras que para T2 y T3 incrementan en 2,66 y 2,16 mg N kg⁻¹ suelo respectivamente; T4; T5 y T6 disminuyen en 1,65; 0,86 y 2,15 mg N kg⁻¹ suelo.

Después de **30 días**, los tratamientos T4; T5 y T6 presentan cantidades parejas de nitrógeno de igual manera T1 y T2 cuentan con similares cantidades.

Para el **día 50**, T3 y T6 cuentan con 8,62 mg N kg⁻¹ suelo, mientras que T2 disminuye su desprendimiento de nitrógeno mineral.

Día 80, se observa un aumento de nitrógeno en el T2; T3; T5 y T6, mientras que en T1 y T4 se mantienen en los rangos del anterior día.

El penúltimo día de la investigación los tratamientos T4 y T6 incrementan el contenido de nitrógeno. A la finalización de la investigación a los **140 días** el T6 alcanza la más alta liberación de nitrógeno mineral, mientras que los otros tratamientos disminuyen gradualmente.

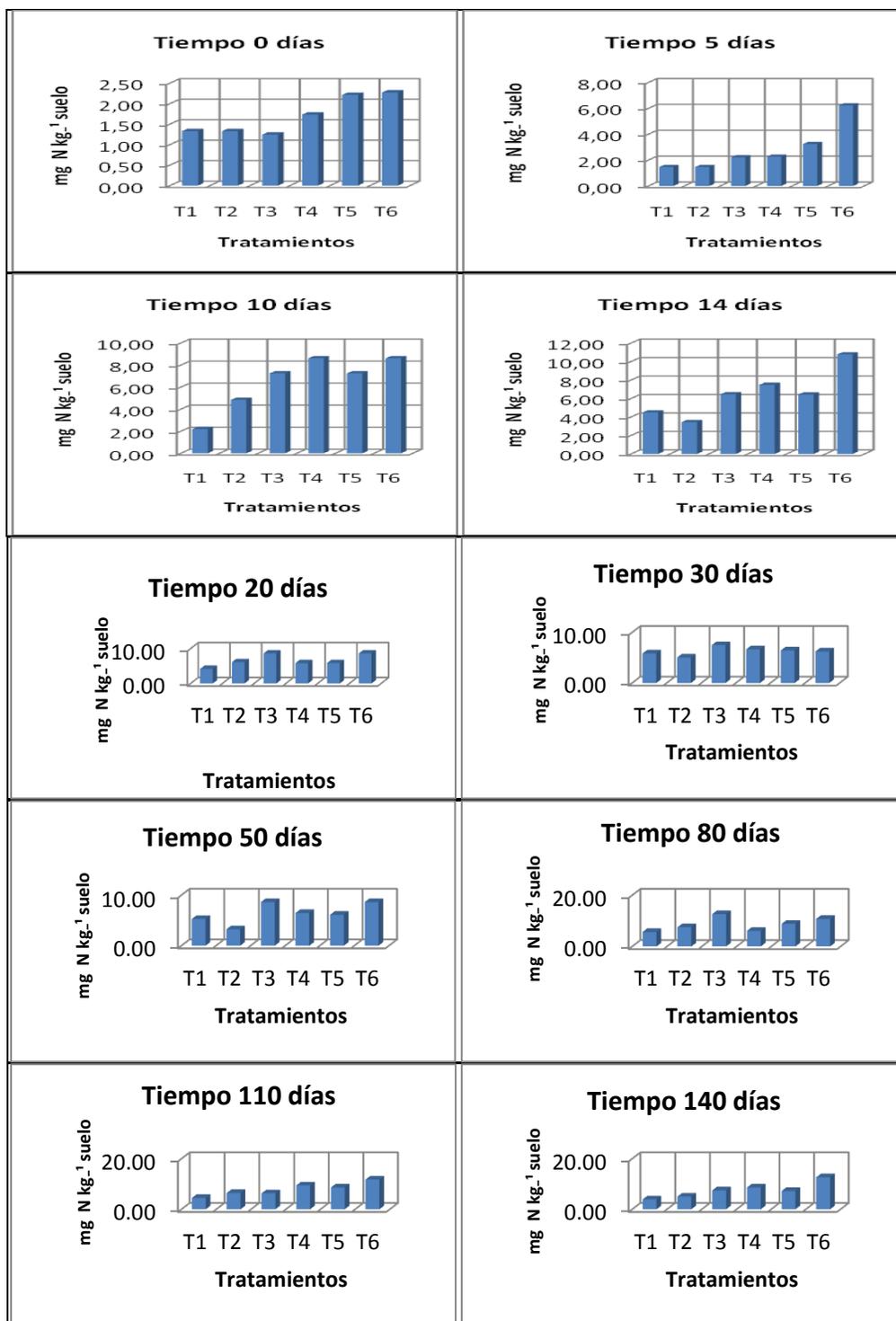


Figura 11. Nitrógeno Mineral evaluado en 10 fechas

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

En la tabla 9 se observa el resumen del análisis de varianza al que fueron sometidos los tratamientos, así como el coeficiente de variación y la prueba de significancia Duncan estos indican que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 9. Cantidades de N-mineral de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N kg⁻¹suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA.

ANVA	0 **	5 **	10 **	14 **	20 **	30 **	50 **	80 **	110 **	140 **
T1	1.326ba	1.460bc	2.203bb	4.493bb	4.170ab	5.833aba	5.276bb	5.673ac	4.493bb	3.903bb
T2	1.326ba	1.460bb	4.846bb	3.443bc	6.110ab	5.030ab	3.233bc	7.503ab	6.440bb	5.030bb
T3	1.240ba	2.210ba	7.253ba	6.460ba	8.620aa	7.480aa	8.620ba	12.633aa	6.316ba	7.480ba
T4	1.730aa	2.263ac	8.620ab	7.480ab	5.826ab	6.663aba	6.460ab	6.106ac	9.426ab	8.620ab
T5	2.210aa	3.233ab	7.253ab	6.433ac	5.866ab	6.440ab	6.106ac	8.840ab	8.620ab	7.253ab
T6	2.270aa	6.223aa	8.620aa	10.773aa	8.620aa	6.233aa	8.620aa	10.773aa	11.743aa	12.633aa
CV	11.23	11.65	10.68	10.18	12.67	10.32	14.86	11.62	9.32	9.81

5.1.1 Amonio

El amonio es una de las formas del nitrógeno mineral, es el primer proceso de transformación de la materia orgánica.

La figura 12, refleja el comportamiento del amonio durante los 140 días de incubación en fechas 10, 14 y 20 días, el T6 presenta un desprendimiento de amonio continuo, posteriormente se observa una disminución de 4,93 a 1,87 mg NH₄ kg⁻¹ suelo, Miranda (2012) reporta similares datos de disminuciones para una dosificación de 30 Ton ha a los 15 y 22 días, el contenido de amonio se redujo de 3,57 mg kg⁻¹ a 1,79 mg kg⁻¹, lo que implica que es una mineralización rápida o inmovilización. Da Cas (2009), confirma que estas oscilaciones pueden ser influenciadas por la intensidad de los procesos de mineralización y nitrificación del suelo.

El tratamiento testigo presenta inmovilización al inicio de la investigación a los 10 y 14 días presenta liberación de amonio de 1,48- 2,69 mg NH₄ kg⁻¹ suelo, para el día 20 este reduce drásticamente a 0,73 mg NH₄ kg⁻¹ suelo para luego incrementar a 3,88 mg NH₄ kg⁻¹ suelo a los 50 días.

Los niveles bajos de amonio estarían indicando la ocurrencia de procesos como nitrificación e inmovilización, estos consumen amonio, lo que impediría su acumulación. Por lo tanto los bajos niveles de amonio están relacionados a la tendencia a incrementar las cantidades netas de N-NO₃.

Esta disminución de amonio e incremento de nitratos se debe a la asimilación de este elemento por microorganismos que al encontrar el alimento proporcionado por el abono, pues este lo utiliza para su metabolismo.

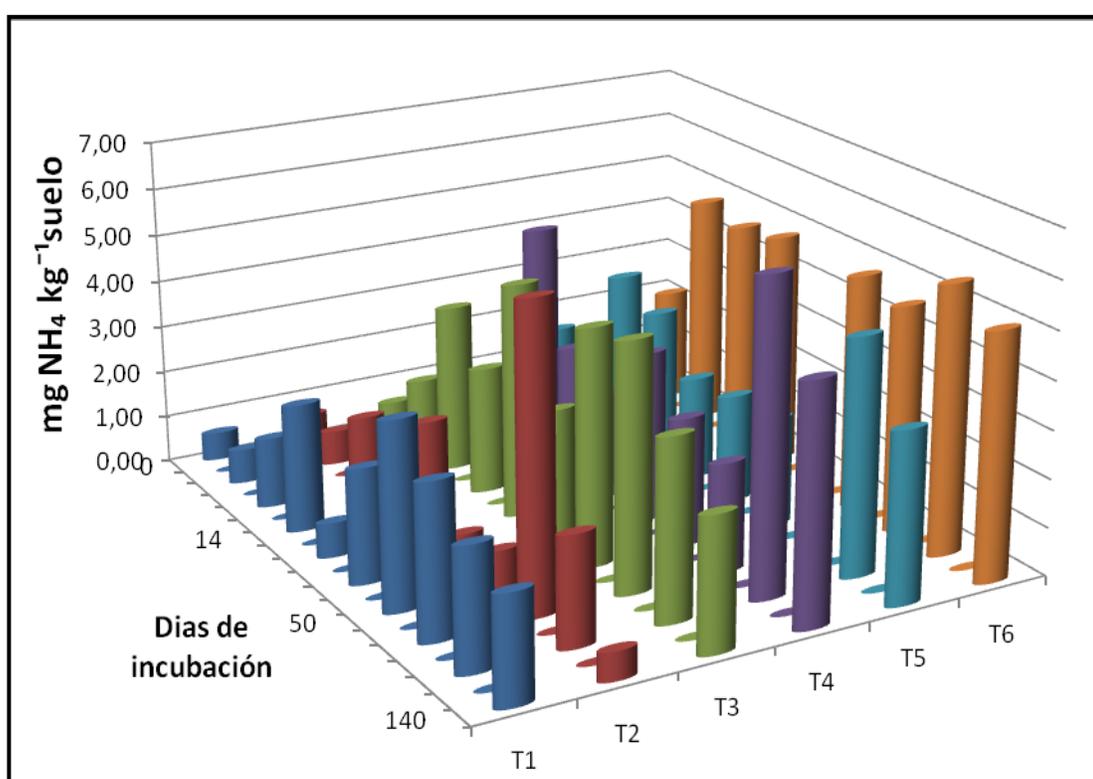


Figura 12. Comportamiento del N-NH₄ durante los 140 días de investigación

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

La figura 13 representa el amonio desprendido en los diferentes tiempos de evaluación:

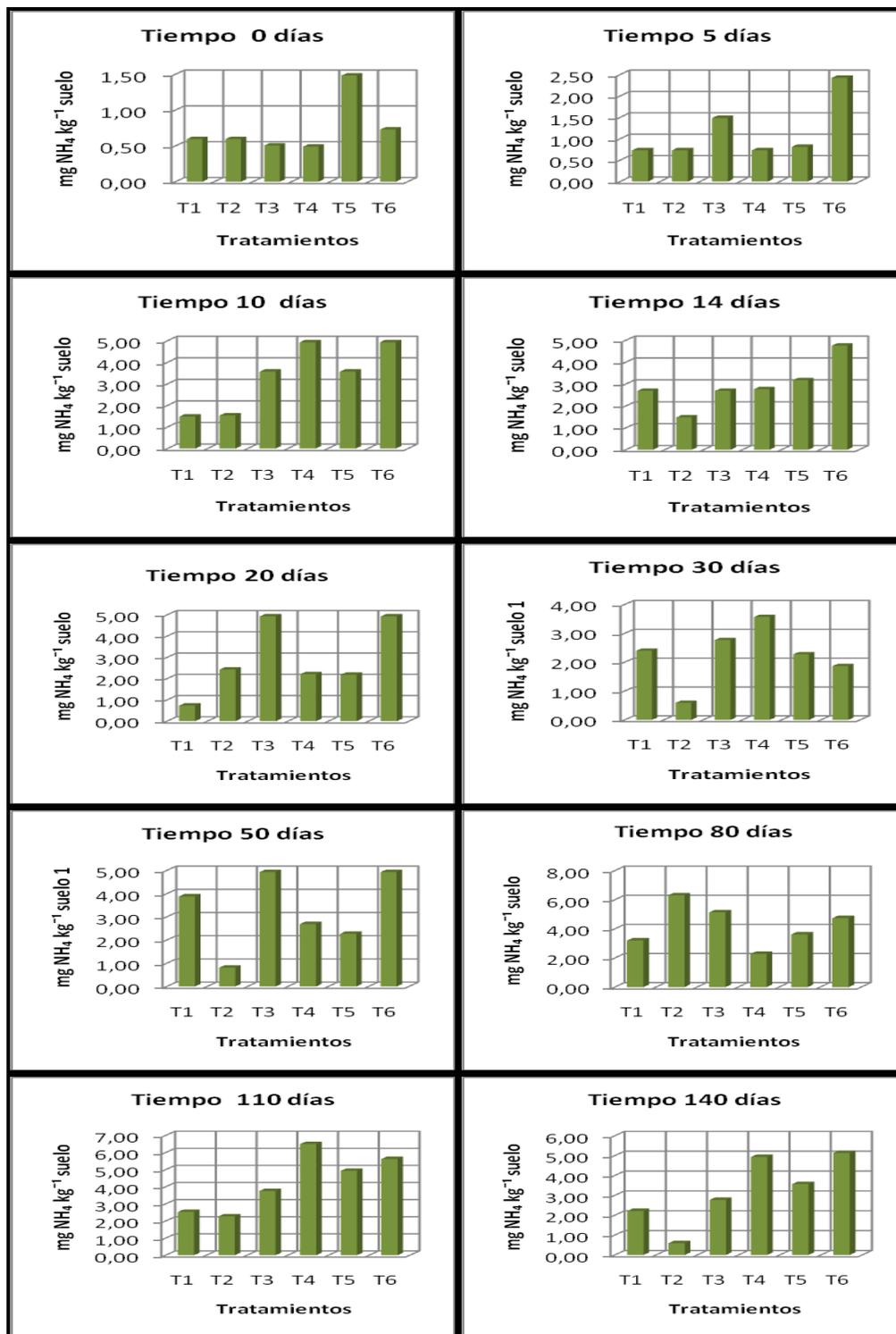


Figura 13. Cantidad de N-amonio para los diferentes días de cuantificación por cada tratamiento expresada en miligramos por cada kilogramo de suelo

Para el **día 0** los tratamientos T1; T2 y T3 expresaron el mismo comportamiento, el T5 fue el que desprendió mayor cantidad de amonio y el menor fue el T4. En el **día 5**, los T1; T2 y T4 obtuvieron las mismas cantidades, mientras que el T6 obtuvo 2,42 mg NH₄ kg⁻¹ suelo, seguidamente el T3 con 1,483 mg NH₄ kg⁻¹ suelo.

A los **10 días**, los tratamientos T4 y T6 fueron los que más NH₄ desprendieron, seguidamente T3 y T5 con 3,56 mg NH₄ kg⁻¹ suelo y por último T1 y T2. En el **día 14**, T6 fue el tratamiento que mayor contenido de amonio presentaba (4,756 mg NH₄ kg⁻¹ suelo), seguidamente T1 y T3 con 2,69 mg NH₄ kg⁻¹ suelo el tratamiento que menor contenido de amonio presentaba fue el T2.

Para el **día 20**, el tratamiento con menor contenido de amonio fue el T1 con 0,73 mg N kg⁻¹ suelo, mientras que el T6 se mantenía en el rango de 4,93 mg NH₄ kg⁻¹ suelo. El **día 30**, el menor contenido de NH₄ lo obtuvo T2, seguidamente de T6 que tuvo un descenso de 4,93 a 1,866 mg NH₄ kg⁻¹ suelo.

A los **50 días**, T3 y T6 aumentan su contenido a 4,93 mg N kg⁻¹ suelo, mientras que T4 y T5 disminuyen gradualmente. En el **día 80**, el T2 alcanza el mayor contenido de amonio (6,30 mg NH₄ kg⁻¹ suelo), seguidamente T6 con 4,mg NH₄ kg⁻¹ suelo, el T4 fue el que menor contenido de amonio presenta.

A los **110 días**, T4 presenta 6,49 mg N kg⁻¹ suelo, este es el mayor contenido de amonio que desprende en todo el ensayo, le sigue el T6 con 5,62 mg NH₄ kg⁻¹ suelo, T5 con 2,27 mg NH₄ kg⁻¹ suelo y T1- T2 con 2,53-2,27 mg NH₄ kg⁻¹ suelo respectivamente.

Finalmente el **día 140**, el T6 se mantiene en el rango de 5,13 mg NH₄ kg⁻¹ suelo, mientras que el T2 es el que menor contenido de NH₄ presenta 0,59 mg NH₄ kg⁻¹ suelo.

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de varianza, el coeficiente de variación y los datos obtenidos en la prueba de significancia Duncan. El contenido de amonio durante el periodo de incubación varía de 0,490 a 6,30 mg NH₄ kg⁻¹ suelo.

Tabla 10. Cantidades de N-NH₄ de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N kg⁻¹ suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA.

ANVA	0 **	5 **	10 **	14 **	20 **	30 **	50 **	80 **	110 **	140 **
T1	0.596bb	0.730bb	1.483bb	2.690bb	0.730ca	2.400ba	3.880ab	3.200ab	2.530ba	2.210ba
T2	0.596ab	0.730bb	1.533bc	1.476bc	2.423ba	0.590bc	0.810ac	6.303aa	2.273ba	0.590bb
T3	0.596bb	1.483ba	3.566ba	2.690ba	4.930aa	2.770bb	4.930aa	5.133aa	3.750ba	2.770ba
T4	0.490ba	0.730ab	4.930ab	2.770ab	2.206ca	3.566aa	2.690ab	2.2273bb	6.493aa	4.930aa
T5	1.483aa	0.810ab	3.566ac	3.176ac	2.180ba	2.273ac	2.273ac	3.620ba	4.930aa	3.566ab
T6	0.730ba	2.423aa	4.930aa	4.756aa	4.930aa	1.866ab	4.930aa	4.733ba	5.623aa	5.133aa
CV	24.86	21.70	14.74	8.61	16.65	13.44	19.63	15.72	21.66	17.95

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos y según la prueba de significancia se tiene diferencias entre ellos. Esto muestra que la cantidad de estiércol aplicado al suelo, influye en la liberación de amonio.

5.1.2 Nitritos y nitratos

Después de la amonificación, la nitrificación es el proceso en el que el NH₄ se transforma en nitratos pasando primero por nitrito, este último es un compuesto muy inestable.

La figura 14, refleja la disposición de nitritos y nitratos al suelo por parte del abono orgánico en este caso (estiércol ovino), el T6 a los 14 días desprende mayor cantidad de N-NO₃, posteriormente disminuye hasta la fecha 50 y para los días 80; 110 y 140 días su desprendimiento es ascendente. Se observa que al existir mayor cantidad de nitratos existe una menor representación de amonio, del mismo modo Miranda (2012), en su investigación sobre la aplicación de diferentes niveles de abonamiento ovino refleja que el tercer día de incubación presenta una disminución del amonio y un ligero aumento en nitratos posiblemente la nitrificación es correlacionado con amonificación.

Según Videla *et al.* (2005) el rango de conversión de nitrógeno depende de las condiciones presentes en el suelo para las bacterias nitrificantes. La nitrificación de NH₄⁺

a NO_3^- ocurre preferentemente en presencia de bacterias nitrificantes a temperatura de suelo mayor a $20\text{ }^\circ\text{C}$ y pH de suelo de 5,5 - 7,5 además de suficiente disponibilidad de humedad y oxígeno en el suelo.

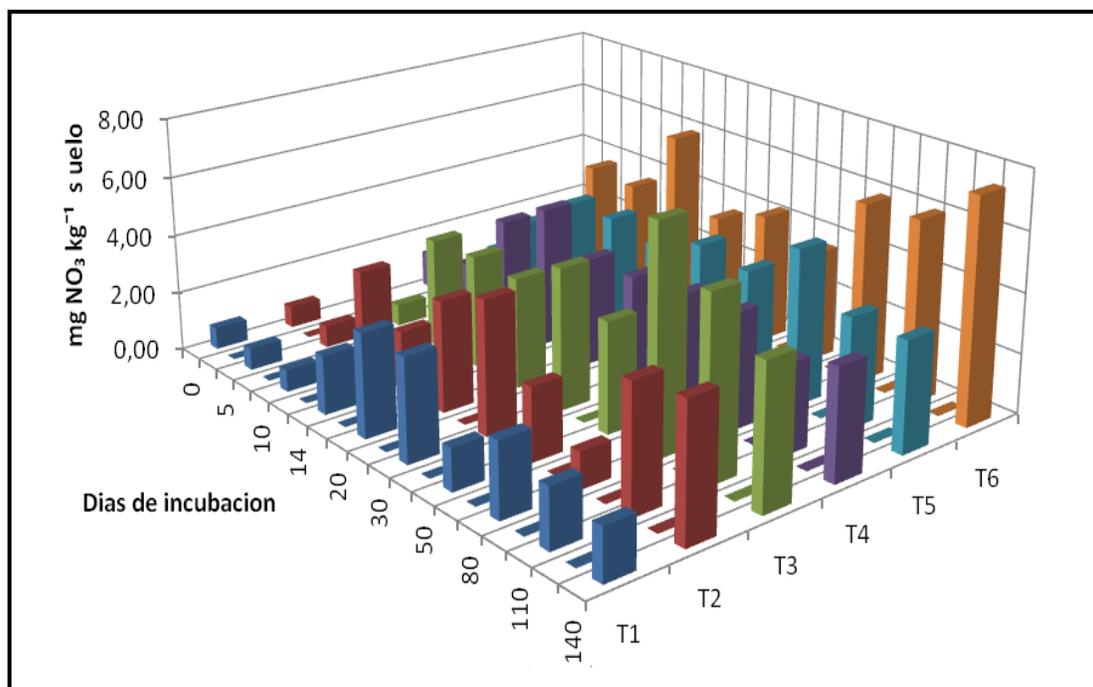


Figura 14. Comportamiento de $\text{N-NO}_2+\text{NO}_3$ durante los 140 días de investigación

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha^{-1} ; T2: Suelo + 10 ton ha^{-1} ; T3: Suelo + 20 ton ha^{-1} ; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha^{-1} +bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha^{-1} +bioinsumo

En parcelas de papa de Villa Patarani, Herve (2006), determinó el contenido de nitrato+nitrato en la siembra y cosecha con densidad aparente de $1,51\text{ g/cm}^{-3}$ tuvo como resultados de $1,05\text{ mg kg}^{-1}$ (siembra) y $0,84\text{ mg kg}^{-1}$ (cosecha); y Huaraco con suelos de densidad aparente de $1,53\text{ g/cm}^{-3}$ se tuvo resultados de $9,24\text{ mg kg}^{-1}$ (siembra) y $0,30\text{ mg kg}^{-1}$ (cosecha), se observa que la cantidad de nitrato+nitrato tienden a descender con el tiempo, lo que no pasa con nuestros resultados es posible que sea porque no existe ningún cultivo que extraiga este nutriente, por lo que el nitrógeno en laboratorio solo está en función a la actividad microbiana.

El comportamiento de nitratos se muestra en la figura 15:

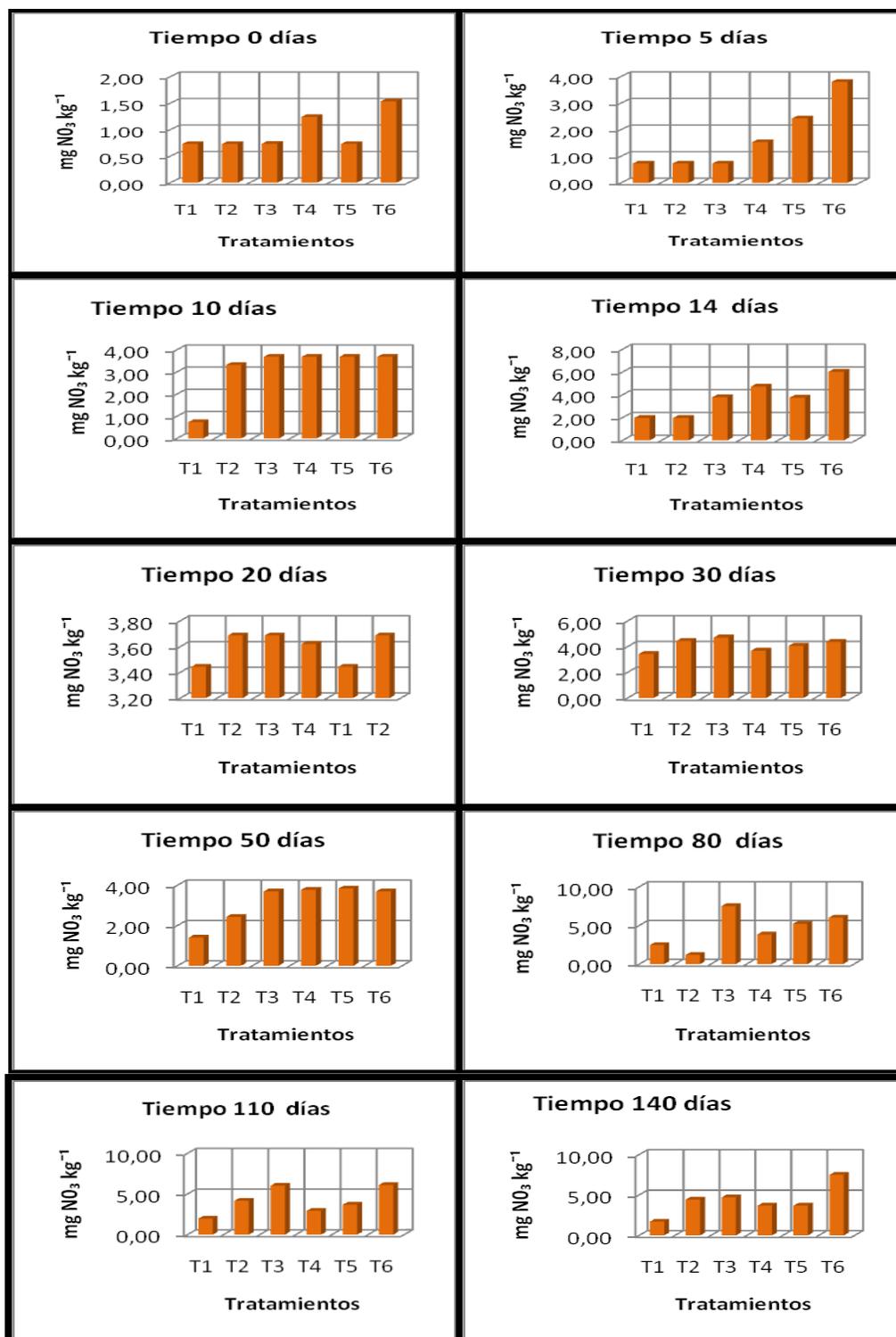


Figura 15. Cantidades de N-NO₂ N-NO₃ + nitrato

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

El **día 0**, los T1; T2; T3 y T5 presentan un rango de 0,73 mg NO₃ kg⁻¹ suelo, por otro lado T6 cuenta con 1,53 mg NO₃kg⁻¹ suelo.

En la segunda fecha que el T6 incrementa en 2,27 mg NO₃ kg⁻¹ suelo, mientras que T1; T2 y T3 mantienen su contenido de nitratos. Por otro lado el **día 10**, los ensayos T3; T4; T5 y T6 cuentan con 3,68 mg NO₃ kg⁻¹ suelo, y el tratamiento que obtuvo un menor contenido de nitratos fue T1 con 0,mg NO₃ kg⁻¹ suelo,.

A los **14 días**, se observa un leve aumento de nitratos en T1, pero en T4 y T6 incrementan sus niveles 4,71- 6,01mg NO₃ kg⁻¹ suelo, respectivamente. El **día 20**, todos los tratamientos se encuentran en un mismo rango que va de 3,44 a 3,86mg NO₃ kg⁻¹ suelo, podemos apreciar que a los veinte días el contenido de nitrato para todos los tratamientos es similar.

El **día 30**, los T2; T3; T5 y T6 son los que muestran un desprendimiento de nitratos dentro de un rango 4,06 a 4,71mg N kg⁻¹ suelo, mientras que T1 y T4 están con 3.43 – 3.mg NO₃ kg⁻¹ suelo respectivamente.

Y a los **50 días**, se observa que descienden las cantidades de nitratos y nitritos de 1,39mg NO₃ kg⁻¹ suelo T1 y 3,83mg N kg⁻¹ suelo T5.

En fecha **80**, el T3 cuenta con 7,50mg NO₃ kg⁻¹ suelo seguidamente de T6 con 6,01mg NO₃ kg⁻¹ suelo, posteriormente T5 con 5,mg NO₃ kg⁻¹ suelo y T2 con el menor contenido de nitratos y nitritos 1,20 mg NO₃ kg⁻¹ suelo.

El **día 110**, el ensayo que presenta menor contenido de nitratos y nitritos es el T1y T2, por otro lado T3 y T6 cuentan con 6,01 y 6,11 mg NO₃ kg⁻¹ suelo. Y el **día 140**, el T6 presenta 7,50mg NO₃ kg⁻¹ suelo, seguidamente T3 con 4,44mg NO₃ kg⁻¹ suelo y el menor contenido de nitratos y amonio de esta fecha lo tiene T1 con 1,70mg NO₃ kg⁻¹ suelo.

Se puede observar que los contenidos de nitrito y nitrato no tienen un patrón de comportamiento, observando en los 140 días de incubación subidas y bajadas en su contenido. Por lo tanto en la fecha 20 existe un equilibrio de desprendimiento y en fecha 30 se presenta un incremento de nitratos y nitritos.

La tabla 11 muestra los resultados del análisis de varianza, el coeficiente de variación y los datos obtenidos en la prueba de significancia Duncan.

El análisis de varianza presentado en la tabla presenta coeficientes de variación de entre 6,32 y 16,48 %, lo cual refleja que los datos obtenidos en laboratorio son confiables y aceptables.

Tabla 11. Cantidades de N-NO₂+NO₃ de los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg N /kg de suelo; coeficiente de variación y resultado del ANVA.

ANVA	0 **	5 **	10 **	14 **	20 **	30 **	50 **	80 **	110 **	140 **
T1	0.730b	0.730bc	0.730bb	1.963bb	3.443aa	3.433ab	1.396bb	2.470bb	1.963ac	1.700bc
T2	0.730bc	0.730bb	3.313ba	1.963bb	3.686aa	4.440aa	2.423bba	1.200bb	4.166ab	4.440bb
T3	0.733ba	0.730ba	3.686ba	3.770ba	3.686aa	4.710aa	3.686ba	7.500ba	6.016aa	4.710ba
T4	1.240ab	1.533ac	3.686ab	4.710ab	3.620aa	3.686ab	3.770ab	3.833ab	2.933ac	3.686ac
T5	0.730ac	2.423ab	3.686aa	3.743ab	3.443aa	4.066aa	3.833aba	5.220ab	3.686ab	3.686ab
T6	1.533aa	3.800aa	3.686aa	6.016aa	3.686aa	4.366aa	3.686aa	6.016aa	6.110aa	7.500aa
CV	6.32	16.48	10.97	15.12	12.54	10.03	15.35	13.16	13.49	10.78

La relación entre amonio y nitratos se refleja en la figura 16, los tratamientos con el bioinsumo terrabiosa, presentan una tendencia continua en el desprendimiento de estos minerales, mientras que los tratamientos sin bioinsumo tienen un comportamiento discontinuo a lo largo de la investigación. Asimismo se observa que el nivel de abonamiento 20 Ton estiércol es el que presenta mayor liberación de estos componentes, en ambos casos (sin bioinsumo y con bioinsumo), por lo cual la adición de esta cantidad de estiércol ovino es una dosis considerable para la fertilización de un suelo.

Para Jofre (1990) citado por Miranda (2012), en un estudio llevado a cabo en España donde se evaluó el contenido de nitrato y amonio en el tiempo dónde ambos parámetros aumentan y disminuyen simultáneamente dependiendo del tiempo. Este comportamiento no se refleja en nuestros resultados puesto que el incremento y disminución de amonio y nitratos van en direcciones contrarias probablemente tenga relación con el contenido de carbono y nitrógeno del suelo que alentó el desarrollo de microorganismos que mineraliza y aumenta la nitrificación.

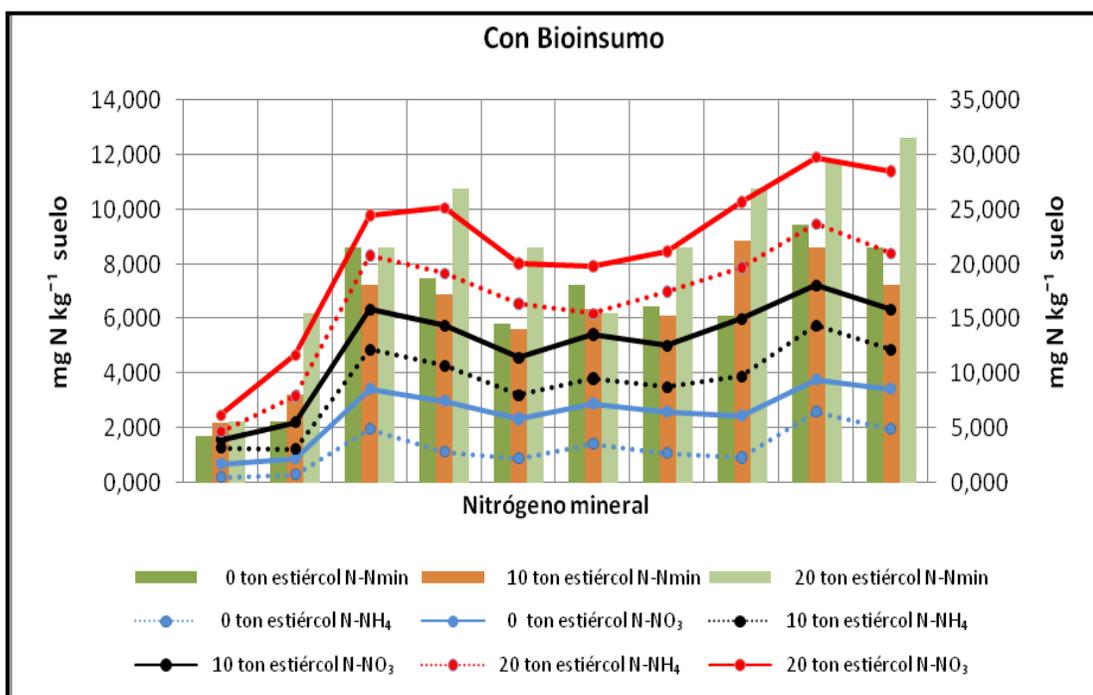
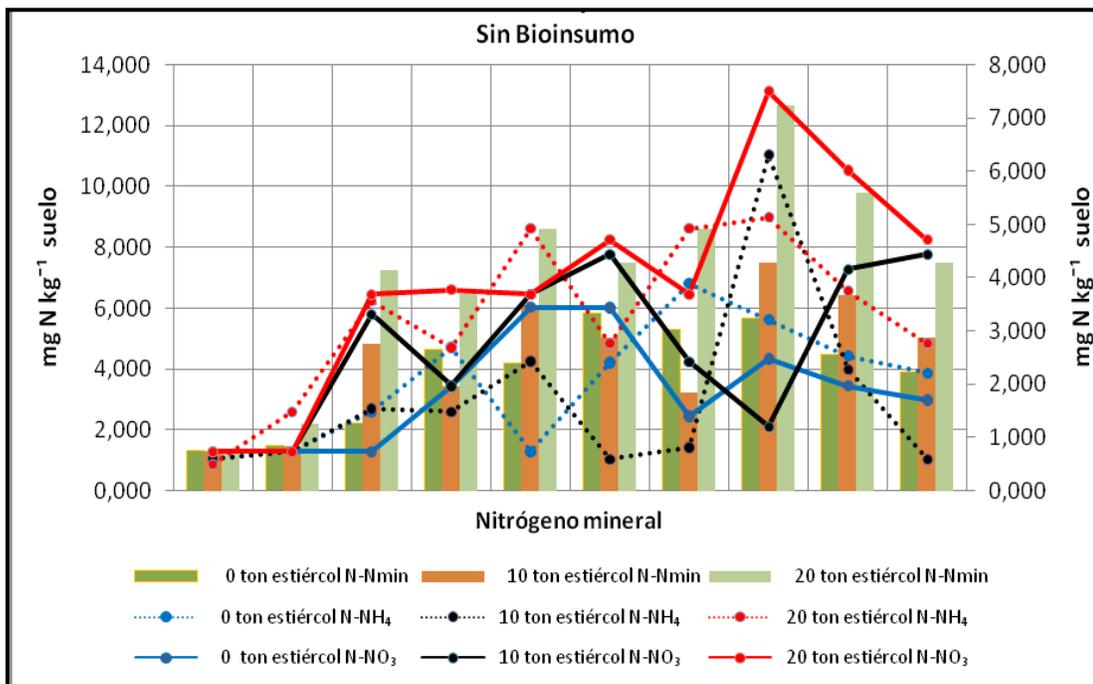


Figura 16. Relación Amonio-Nitratos

5.1.3 Potencial de mineralización de nitrógeno

El potencial de mineralización de nitrógeno es la cantidad máxima de nitrógeno disponible que podrá ser liberada, después de su degradación por los microorganismos del suelo (Brady y Weil 1999).

En la tabla 12 se observa el mayor potencial de mineralización encontrado en los distintos tratamientos, en un tiempo de 140 días indistintamente.

Tabla 12. Potencial de mineralización de los 6 tratamientos

TRATAMIENTO	POTENCIAL DE MINERALIZACION mg N kg ⁻¹
T1	8,63
T2	8,63
T3	8,96
T4	9,13
T5	9,15
T6	9,63

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

El potencial de mineralización de los tratamientos 1 y 2 son similares por lo tanto la aplicación en dosis menores a 10 ton de estiércol es innecesaria ya que no presenta ningún tipo de aporte de minerales al suelo.

El tratamiento con un mejor potencial de mineralización es el T6 con 9,63 mg N kg⁻¹ podemos mencionar que la dosis de 20 ton de estiércol más el bioinsumo terrabiosa favorecen a la liberación de nitrógeno en el tiempo. Asimismo Cerrato *et al.* (2007), obtuvieron potenciales de mineralización que fueron de 28,7 mg N kg⁻¹ para un suelo convencional sin abono y 170 mg N kg⁻¹ para suelos con abonos orgánicos preparados; indican que suelos que presenten abonamiento orgánico presentaran potenciales de mineralización mayores.

El potencial de mineralización encontrado en los tratamientos a lo largo de 140 días se expresa en la figura 17:

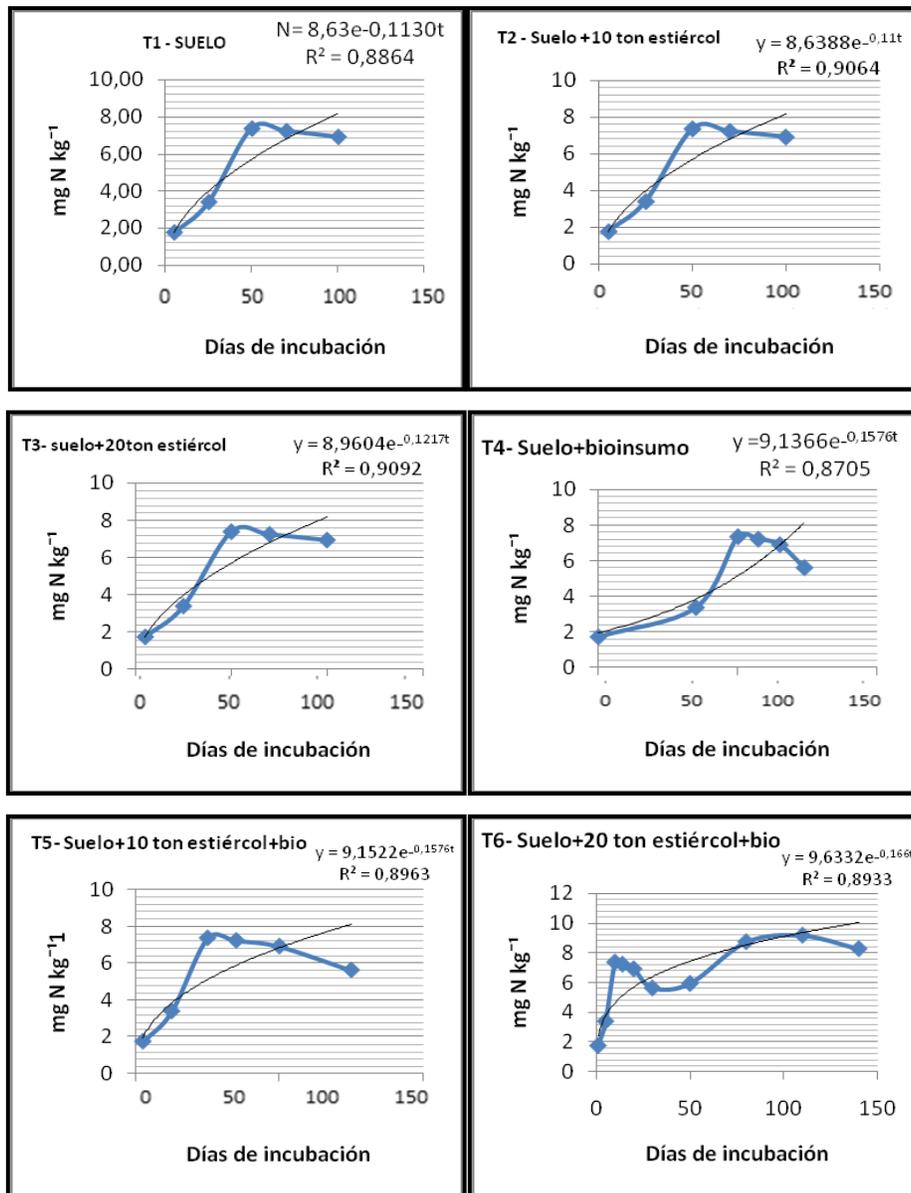


Figura 17. Potencial de mineralización

Según Echeverría *et al.* (s.f), los bajos niveles que se dieron en su investigación respecto al potencial de mineralización se debe a que estos fueron lotes con larga historia agrícola y presentaron rangos entre 11,5 y 55 mg de N kg⁻¹ de suelo.

5.1.3.1 Tasa de mineralización del nitrógeno

La tasa de mineralización es la cantidad de nitrógeno que se libera por una unidad de tiempo específica. En esta investigación se determinó este parámetro en 140 días y el resultado obtenido referente a este análisis se refleja en la tabla 13:

Tabla 13. Tasa de mineralización del nitrógeno

TRATAMIENTO	TASA DE MINERALIZACION (mg N kg ⁻¹ día ⁻¹)
T1	0,64
T2	0,62
T3	0,72
T4	0,62
T5	0,63
T6	0,79

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 10 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 20 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

La tasa de mineralización más alta encontrada es de 0,79 mg N kg⁻¹ suelo corresponde al tratamiento 6 y con 0,62 mg N kg⁻¹ suelo como la menor tasa que presenta el T4, estas cantidades son las que se mineralizan en este caso ambos a los 5 días de incubación de las muestras. Miranda (2012), reporto 0,62 a 0,64 mg N kg⁻¹ en 16 y 20 Mg ha⁻¹ de estiércol de oveja, estudio realizado en el altiplano central de Bolivia.

La mayoría de los tratamientos presentan la mayor tasa de mineralización a los 5 días, exceptuando el T1 que es el testigo, podemos señalar que la adición de estiércol es el que adelanta la tasa de mineralización, ya que en el tratamiento testigo su tasa lo obtiene a los 10 días. Según Matías *et al.* (2010) indican que el grado de mineralización está relacionado con el contenido de carbono y nitrógeno. Para Guerrero (1993) citado por Videla *et al.* (2005), una tasa de mineralización alta en las primeras semanas de incubación depende directamente de la cantidad de microorganismos presentes en el suelo.

Las tasas de mineralización de los seis tratamientos planteados y la relación que existe con el potencial de mineralización se encuentran ilustrados en la figura 18:

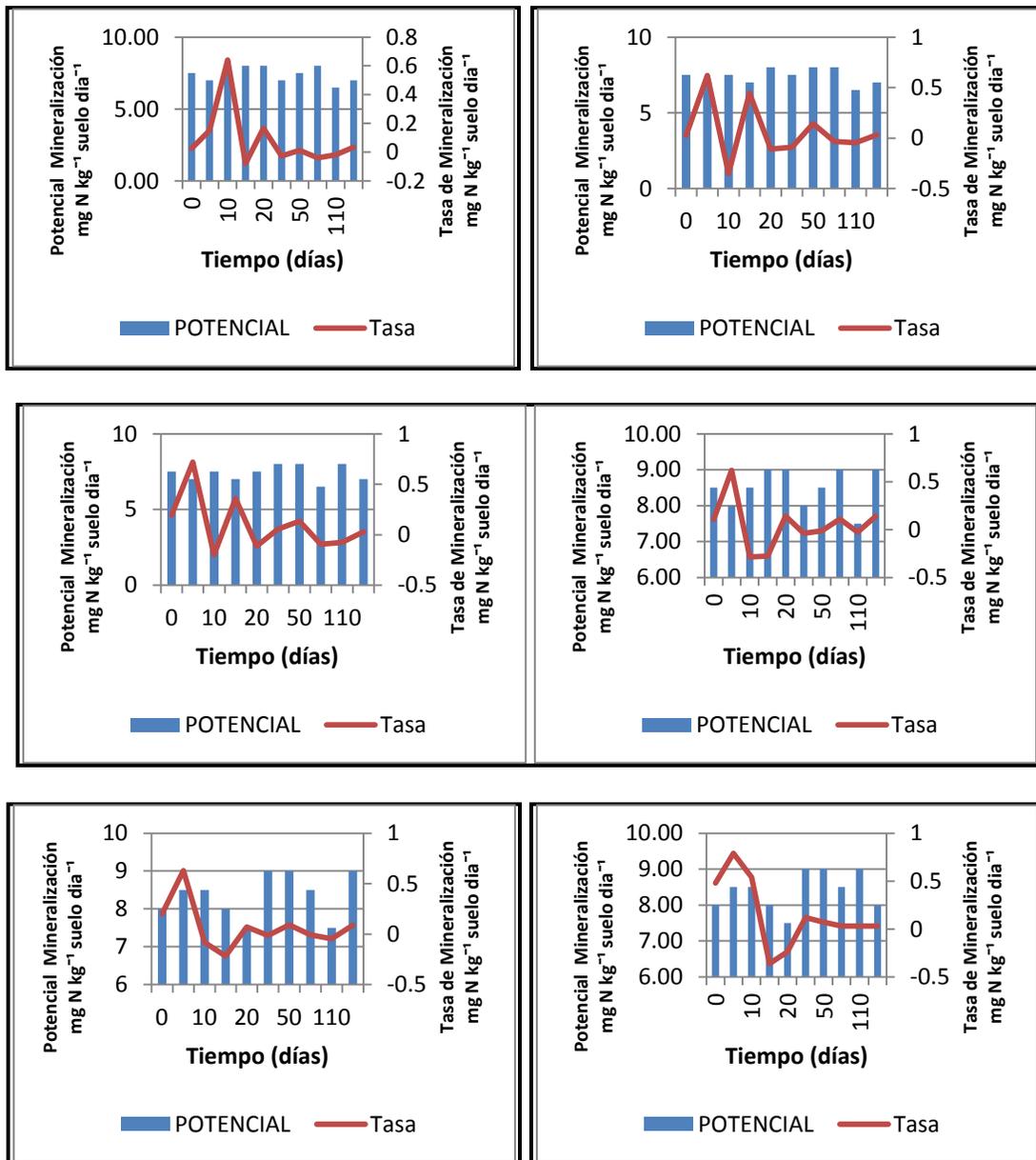


Figura 18. Tasa de mineralización

Para Stanford y Smith (1972), la mineralización no puede proceder indefinidamente con la misma tasa de mineralización ya que la reserva de material orgánico se ve agotada al avanzar el tiempo de incubación, por tal motivo se refleja un pico alto y consecuentemente una disminución paulatinamente en todas las observaciones.

5.2 Actividad Microbiana

En este punto se desarrolla el comportamiento de la actividad microbiana, biomasa microbiana y la combinación de ambos, sobre la influencia en la mineralización del nitrógeno en el suelo.

5.2.1 Evolución y desprendimiento CO₂

Ruiz (1988) señala que la cantidad de CO₂ desprendida por muestras de suelo, depende de la cantidad de materia en descomposición y nos da un índice de la marcha de la mineralización. Para Matias *et al.* (2010) la incorporación de la materia orgánica en el suelo acelera la acción de microorganismos y ésta es la fuente de energía para que la población microbiana participe eficazmente en la descomposición de la misma, nutrición de las plantas y la formación de agregados.

La tabla 14 muestra la cantidad de dióxido de carbono desprendido en cada intervalo de tiempo establecido, mostrando en el análisis de varianza, el coeficiente de variación y los datos obtenidos en la prueba de significancia Duncan.

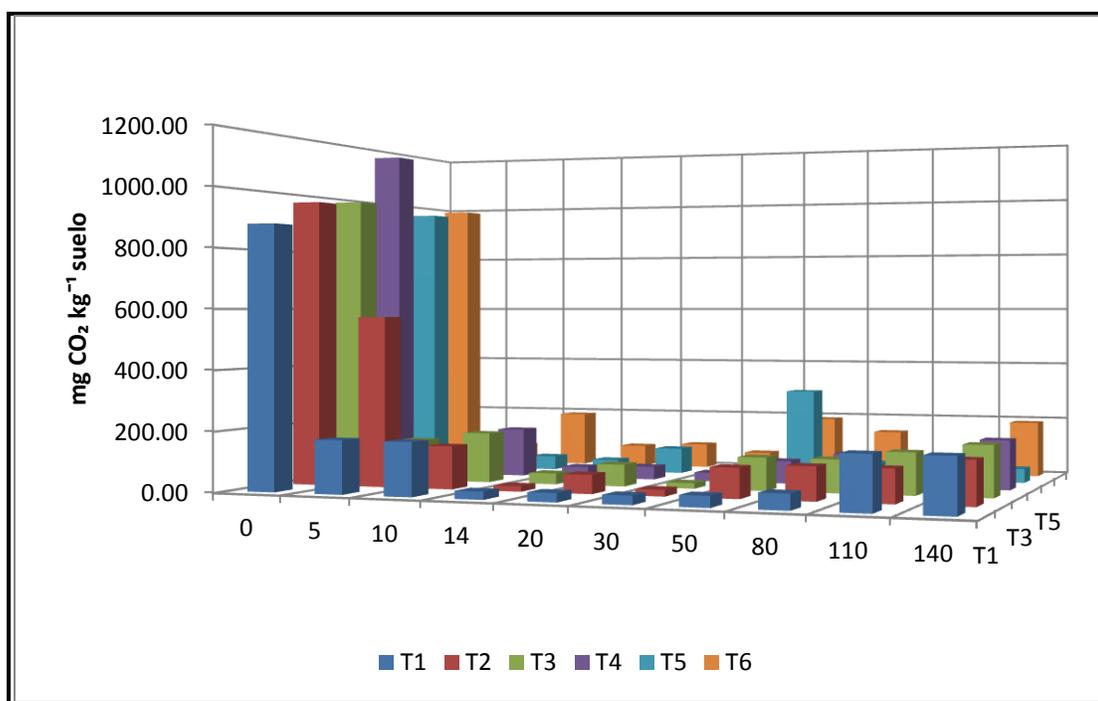
Tabla 14. Cantidades de CO₂ emitidas por los diferentes tratamientos durante los 140 días de incubación, expresado en mg CO₂; coeficiente de variación y resultado del ANVA.

ANVA	0 **	5 **	10 **	14 **	20 **	30 **	50 **	80 **	110 **	140 **
T1	880.00aa	176.00ab	176.00aa	25.66bb	29.33ab	29.33ba	36.66bc	51.33ac	176.00ab	176.00aa
T2	964.33aa	572.00aa	143.00ab	18.33bb	62.33aa	22.00bb	99.00ba	110.00aa	110.00aa	143.00ab
T3	979.00aa	139.33ab	168.66aa	36.66ba	73.33aa	18.33ba	110.00bb	110.00ab	139.33ab	168.66aa
T4	1158.66aa	22.00bb	165.00ba	36.66ab	44.00ab	29.33aa	77.00ac	106.33bc	22.00bb	165.00ba
T5	957.00aa	58.66ba	47.66bb	40.33ab	88.00aa	22.00ab	304.33aa	55.00ba	58.66ba	47.66bb
T6	982.66aa	66.00bb	190.66ba	73.33aa	84.33aa	58.66aa	190.66ab	146.66bb	66.00bb	190.66ba
CV	10.68	18.36	6.04	26.08	26.75	31.21	15.80	21.41	25,34	14.56

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 14 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 02 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+ bioinsumo

En la figura 19 se observa los valores obtenidos de la cantidad de dióxido de carbono capturado por el hidróxido de sodio en el intervalo de los días señalados.

Se observa que al inicio de la incubación los primeros 5 días existen valores mayores de desprendimiento de CO₂ esto indica que los microorganismos ante la presencia del alimento suministrado realiza una degradación inmediata de la fracción lábil presentes en el estiércol añadido, ocasionando la producción de energía para el crecimiento de los microorganismos. El T6 que consiste en una dosis de estiércol de 20 ton más el bioinsumo provoca un incremento de la respiración respecto a los demás tratamientos. Da Luz (2007) citado por Miranda (2012) indica que la adición de residuos orgánicos al suelo estimula el crecimiento y la actividad e la población microbiana del suelo debido a la presencia de carbono y energía, como resultado se incrementa la demanda de nutrientes por los microorganismos en descomposición.



	0	5	10	14	20	30	50	80	110	140
T1	880,00	176,00	176,00	25,67	29,33	29,33	36,67	51,33	176,00	176,00
T2	964,33	572,00	143,00	18,33	62,33	22,00	99,00	110,00	110,00	143,00
T3	979,00	139,33	168,67	36,67	73,33	18,33	110,00	110,00	139,33	168,67
T4	1158,67	22,00	165,00	36,67	44,00	29,33	77,00	106,33	22,00	165,00
T5	957,00	58,67	47,67	40,33	88,00	22,00	304,33	55,00	58,67	47,67
T6	982,67	66,00	190,67	73,33	84,33	58,67	190,67	146,67	66,00	190,67

Figura 19. Cantidad de Dióxido de carbono desprendido en 140 días de incubación expresada en miligramos de CO₂ por cada kilogramo de suelo

Las cantidades de CO₂ desprendidas por los tratamientos se reflejan en la figura 20:

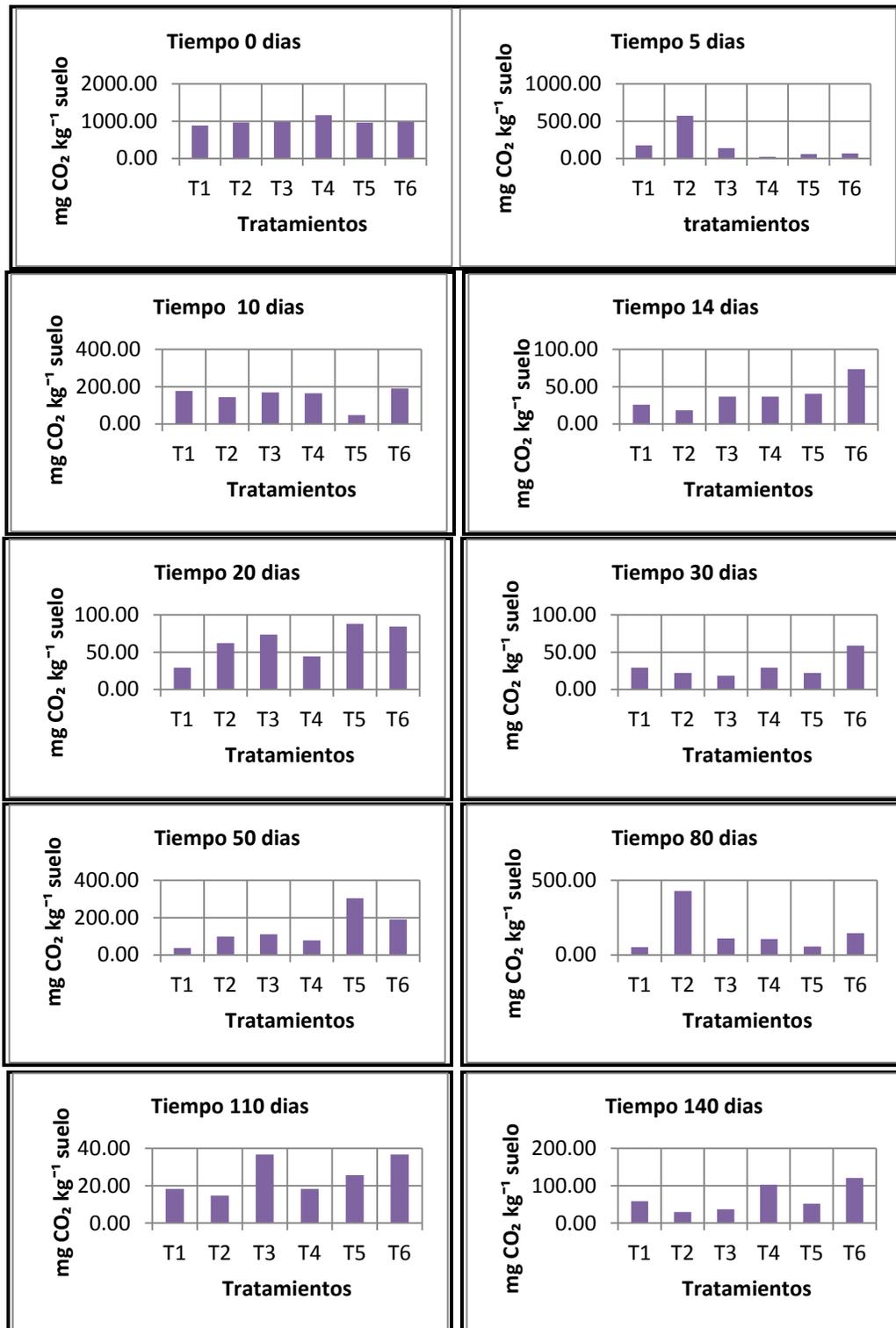


Figura 20. Cantidad de Dióxido de carbono desprendido para los diferentes días establecidos por cada tratamiento expresada en miligramos de CO₂ por cada kilogramo de suelo.

Para el **día 0** observamos que la cantidad desprendida de CO₂ es mayor en el T4 y T6, mientras que T1 obtiene un menor valor.

Para el **día 5**, el T2 tiene 572 mg de CO₂, mientras que el T4 cuenta con 22 mg de CO₂, a los **10 días** el comportamiento de CO₂ en esta fecha para el T6 fue de 190 mg de CO₂ y T5 con el menor desprendimiento. El **día 14**, T2 presenta 18,33 mg de CO₂ aún sigue siendo el tratamiento con menor desprendimiento de CO₂, pero el que presenta mayor valor es T6 en esta fecha. Por otro lado los **días 20 y 30**, el T6 sigue presentando el mayor valor de desprendimiento de CO₂. A los **50 días**, el tratamiento con menor valor es el T1 y T6 con mayor desprendimiento de CO₂.

El **día 80**, se observa un incremento en T1 y T6 decrece en su valor anterior. Por otro lado el **día 110**, T1 incrementa su desprendimiento mientras que T6 disminuye hasta .66 mg de CO₂.

A los **140 días**, todos los tratamientos tienen un incremento en el desprendimiento de CO₂ con menor valor el T5 y con un valor de 190,67 mg de CO₂ el T6.

Según Guerrero *et al.* (2012), en su investigación sobre respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus, reportan que el incremento de CO₂ al inicio de la investigación se puede atribuir al contenido de carbono orgánico presente en los materiales de partida los cuales suministraron el sustrato necesario para la proliferación de los microorganismos responsables de la descomposición, la actividad de los microorganismos que intervienen al inicio del proceso es máxima como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida (2538,95 mg CO₂ en compost; 3735,87 mg CO₂ vermicompost y 8177,71 mg CO₂ lupinus verde datos encontrados a los 20 días de incubación).

5.2.2 Velocidad de mineralización del Carbono

La velocidad de mineralización del carbono se refiere a la cantidad de dióxido de carbono producido por un kilogramo de suelo en un día.

La cantidad de carbono mineralizado según Mora (2006), depende de varios factores temperatura, pH, humedad, disponibilidad de O₂, nutrientes inorgánicos y accesibilidad al sustrato.

En la figura 21 se observa que la velocidad de mineralización del carbono de los diferentes tratamientos fue alta durante los 5 a 10 días, esta rápida mineralización puede haber ocurrido debido a la presencia de compuestos lábiles presentes en el estiércol. Por otra parte se observa que el testigo presenta menor mineralización con respecto a los demás esto por la falta de adición de materia orgánica y se refleja en el menor desprendimiento de carbono. Miranda (2012) menciona que los tratamientos con mayores cantidades de estiércol de oveja tienen mayor velocidad de mineralización esto debido a la gran cantidad de biomasa y carbono que incrementan en el suelo.

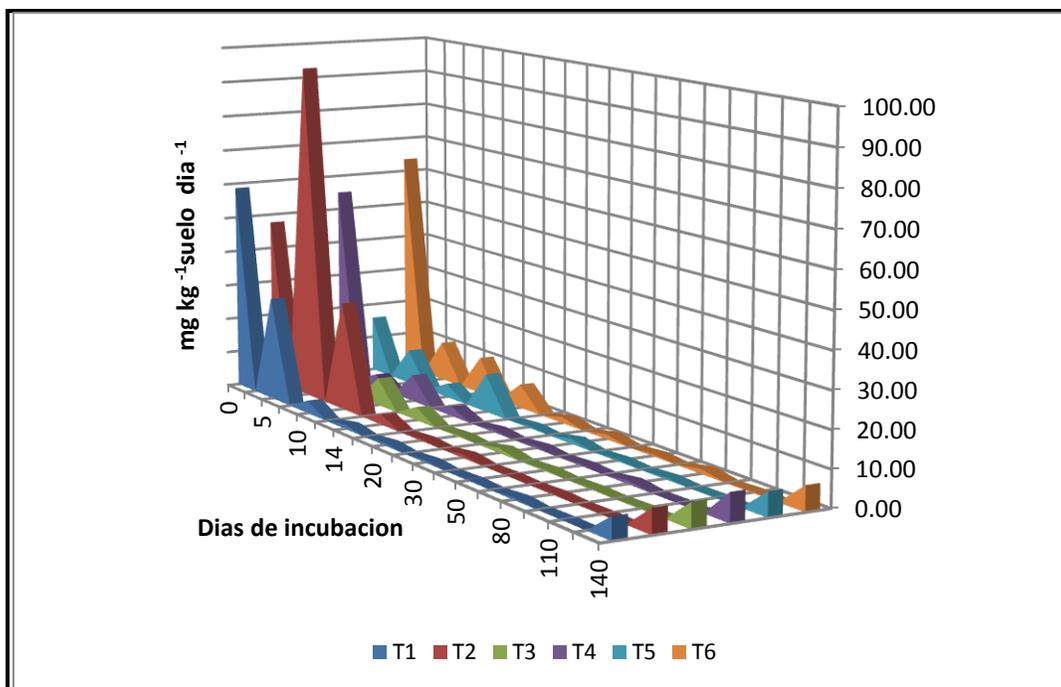


Figura 21. Velocidad de mineralización del carbono

El análisis de varianza realizado a la velocidad de mineralización del carbono se refleja en la tabla 15:

Tabla 15. Velocidad de mineralización del carbono en 140 días de incubación

ANVA	3 **	5 **	10 **	14 **	20 **	30 **	50 **	80 **	110 **	140 **
T1	58.66aa	29.33ab	3.66ac	1.30bc	0.830bba	0.646ab	0.330bba	0.670ba	0.156ab	6.23aa
T2	47.66ab	95.33aa	30.64aa	2.87ba	0.620bb	0.996aa	0.233bb	0.380bb	0.123ab	6.83aa
T3	56.22aa	23.21ab	7.85ab	3.79bb	0.516ba	1.416aa	0.473ba	0.323ba	0.323aa	6.94aa
T4	55.00ba	3.66bb	7.59bc	2.74ac	0.830aba	0.706ab	0.476aba	1.016aa	0.156ab	8.00aa
T5	15.88bb	9.77ba	3.92ba	10.86aa	0.480ab	1.413aa	0.476ab	0.536ab	0.223ab	6.78aa
T6	63.55ba	11.00bb	10.47bb	6.80ab	1.670aa	1.353aa	0.666aa	1.340aa	0.323aa	6.96aa
CV	6.04	18.36	21.42	19.05	34.54	29.55	32.81	21.70	26.51	11.77

Dónde: T1: Suelo + 00 ton ha⁻¹; T2: Suelo + 14 ton ha⁻¹; T3: Suelo + 02 ton ha⁻¹; T4: Suelo + bioinsumo; T5: Suelo + 10 ton ha⁻¹+bioinsumo; T6: Suelo + 20 ton ha⁻¹+bioinsumo

Da Cas (2009), indica que la adición de material orgánico en el suelo provoca el aumento en la liberación de C-CO₂. En la investigación realizada por el mismo autor indica que el dióxido de carbono acumulado fue de aproximadamente 200 mg CO₂ kg⁻¹, y en su mejor tratamiento se obtuvo alrededor de 1900 mg CO₂ kg⁻¹ al mismo que se le aplico lodo residual y paja de avena e incubado por 110 días a 25° C. Otro trabajo realizado por Acosta (2006) sobre la respiración microbiana en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos, muestra 1648,75 mg CO₂ 100g⁻¹ acumulado en 106 días de incubación.

En la investigación realizada por Miranda (2012), la velocidad de mineralización de los diferentes tratamientos ocurre en los primeros 10 a 15 días después del inicio de incubación que van desde 0,3 a 0,6 % por día. Esta rápida mineralización puede haber ocurrido debido a la presencia de compuestos débiles presentes en el estiércol. Compuestos recalcitrantes pequeños se descomponen, mientras los elementos más resistentes tales como la lignina se descomponen por organismos como hongos y bacterias más especializados, que sintetizan enzimas necesarias para descomponer la materia orgánica difícil la velocidad de descomposición ya es lenta y por lo tanto suele presentar valores constantes (Da Cas, 2009).

La mineralización del carbono se definen secuencialmente y alternativamente por dos etapas fundamentales la primera etapa corresponde al incremento en la actividad biológica y a la degradación por parte de los microorganismos de sustancias fácilmente biodegradables tales como azúcares, lípidos fenoles, ácidos orgánicos, los cuales estimulan tanto el crecimiento como la respiración de un gran número de microorganismos ya que son fuente de carbono y energía de rápida utilización y de bajo costo la segunda etapa definida esta descrita por la disminución en el desprendimiento de CO₂ la cual define también un decrecimiento en la actividad biológica como consecuencia de la disminución de las sustancias fácilmente biodegradables provocando así su estabilización al final del proceso (Guerrero *et al.* 2012).

El comportamiento de la mineralización del carbono y del nitrógeno en los tratamientos con y sin bioinsumo se refleja en la figura 22, las mayores emisiones de CO₂ se produjeron en los primeros días esto se debe al hecho de que los microorganismos usan la fracción orgánica más biodegradable, también podemos señalar que la actividad microbiana y la biomasa microbiana tienen una correlación positiva.

Con relación al nitrógeno desprendido en los primeros días sus niveles son menores en relación al CO₂, pasado los días 10 días el nivel de nitrógeno mineral incrementa paulatinamente y por el contrario el desprendimiento de CO₂ disminuye. Zagal (2002), menciona que el carbono ha sido mineralizado en mayor cantidad que el nitrógeno que ha sido acumulado. Podemos mencionar que la relación C/N ver anexo 10, al inicio de la incubación los tratamientos oscilaron entre 11,28:1 a 13,92:1 y al final 9,33:1 a 12,5:1, con estos datos podemos indicar que se la mineralización del nitrógeno fue constante al no presentarse inmovilización.

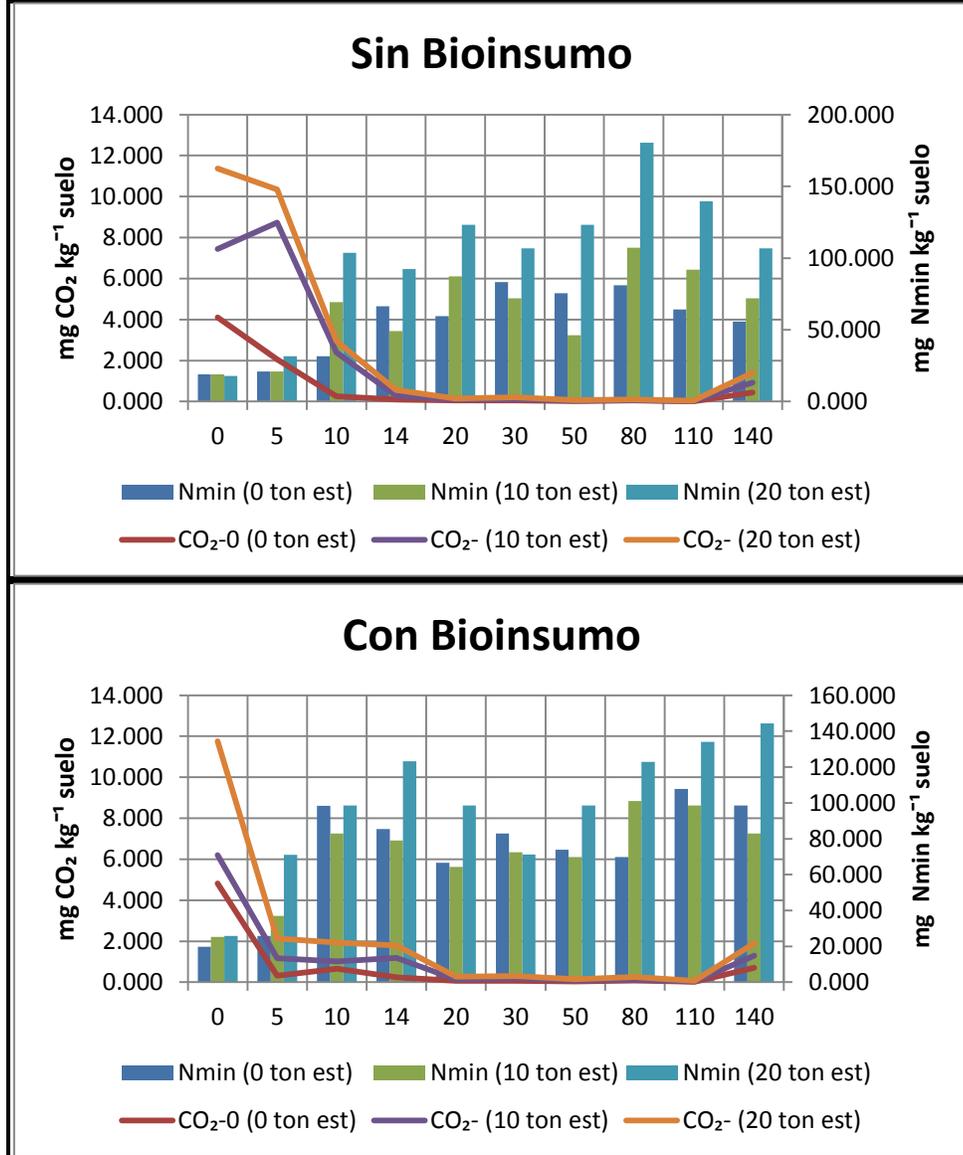


Figura 22. Comportamiento entre mineralización del Carbono y mineralización del Nitrógeno

5.3 Biomasa Microbiana

La biomasa microbiana (BM) es una fracción orgánica relativamente lábil controlada por factores ambientales, producción y manejo.

La figura 23 refleja que al inicio de la investigación los niveles de biomasa microbiana se encuentran en un rango de 59,39 – 58,99 mg C kg⁻¹S de igual manera podemos observar que al final del ensayo cuentan con un rango de 61,17 – 58,07 mg C kg⁻¹S.

Sin embargo Solís *et al.* (2010), quien realizo la investigación bajo condiciones controladas obtuvo valores de 326 a 390 mg C kg⁻¹ cuyos tratamientos consistían con dosificaciones de estiércol vacuno. Los resultados obtenidos por Montenegro (2008), van de 48,98 hasta 378,88 mg C * kg⁻¹, argumentando que los valores bajos se deben a escasos contenidos de energía para los microorganismos, de igual forma, Anzalone, A y Lazo, J. (2002), obtuvieron valores entre 159,01 a 290,15 mg C-microbiano* kg⁻¹ S, en una zona con una temperatura promedio de 25 – 28 °C y una precipitación de 900 milímetros.

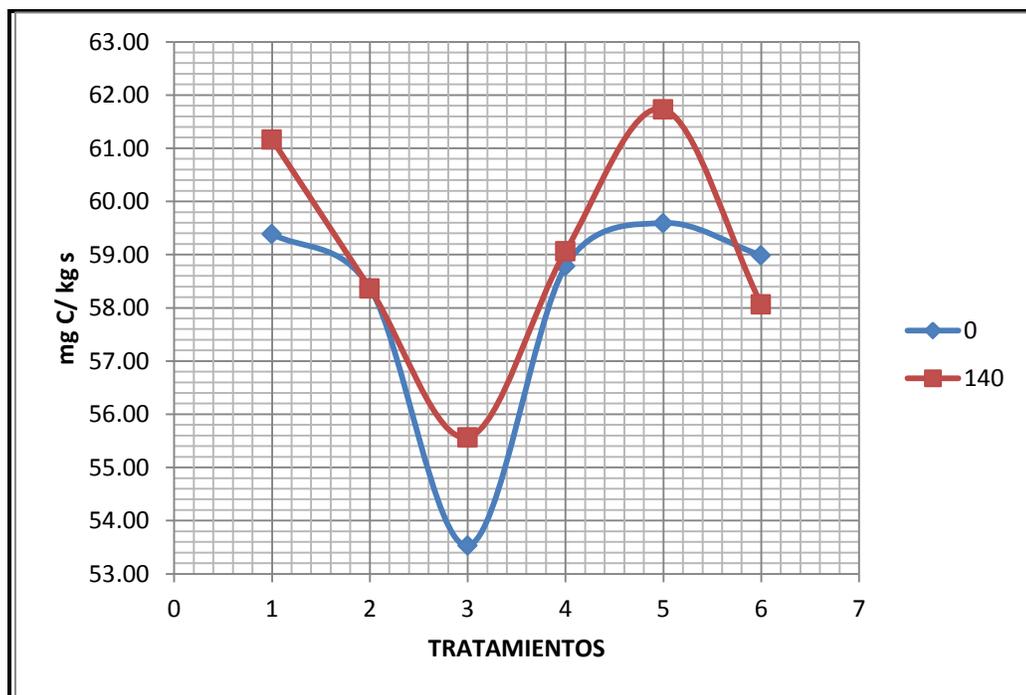


Figura 23. Biomasa microbiana al inicio y al final de la investigación

La tabla 16 muestra el inicio y final de biomasa encontrada en las muestras de suelo estudiadas.

Tabla 16. Biomasa microbiana expresado en mg C kg⁻¹S

	INICIO	FINAL
ANVA	**	**
T1	59,39ba	61,17ac
T2	58,38ba	58,37ab
T3	53,53bb	55,57aa
T4	58,78a	59,07ac
T5	59,59aa	61,73ab
T6	58,99ab	58,07aa
CV	5.29	20.22

Según Caballero (2013) durante el mes de julio (época seca y con ausencia de precipitaciones) el promedio de C-biomasa microbiana se encuentra en un rango de 1,29 a 19,14 mg C * kg⁻¹ S, de igual forma podemos ver que en el mes de enero (época húmeda y con precipitaciones promedio de 103 mm) los valores promedios de C-biomasa microbiana se encuentra en un rango de 1,99 y 26,23 mg C * kg⁻¹ S. este estudio se la realizo en parcelas con distinto manejo.

5.3.1 Coeficiente Q

El coeficiente metabólico o respiración específica se define como la tasa de respiración por unidad de biomasa. Se lo emplea para estudiar la evolución de suelo con el paso del tiempo Ferreiro (2000). Se define como la tasa de respiración (medida como CO₂ desprendido) por unidad de biomasa y, por lo tanto, podría evaluar lo eficazmente que la biomasa microbiana está empleando el carbono disponible para la biosíntesis Caballero (2013).

La figura 24, refleja el coeficiente metabólico al inicio de la investigación a un inicio con 0,30 mg C-CO₂/mg C_m dia⁻¹ y al final del ensayo con 0,69 mg C-CO₂/mg C_m dia⁻¹. Caballero (2013), indica que en una parcela de siete años de descanso presento 0,56 mg C-CO₂/mg C_{mic} dia⁻¹, por un menor gasto de carbono en la respiración. Por otro lado Sánchez *et al.* (2006) en una investigación realizada en suelos colombianos el coeficiente era menor en comparación con las de un cultivo continuo. Para Zagal (2002), el coeficiente es elevado cuando el ecosistema se encuentra estresado,

comparando con nuestros resultados los coeficientes encontrados son bajos porque nuestro suelo se encuentra en condiciones medioambientales controladas.

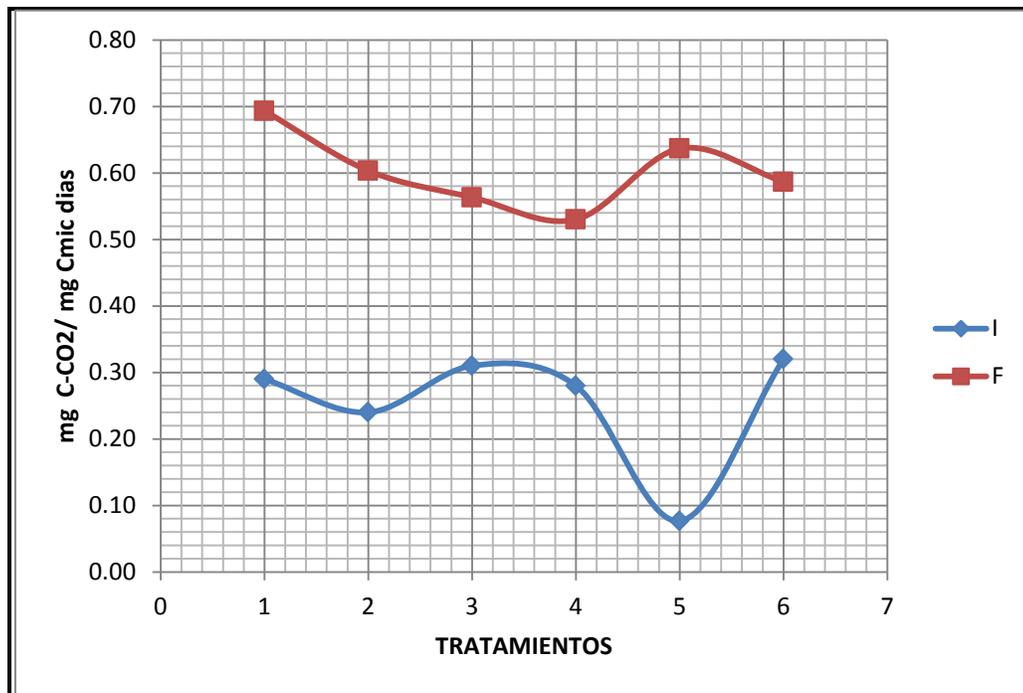


Figura 24. Coeficiente de metabolismo

La tabla 17 muestra el coeficiente metabólico que presenta los diferentes tratamientos, mostrando también la significancia que se obtuvo en el análisis de varianza, el coeficiente de variación y los datos obtenidos en la prueba de significancia Duncan.

Tabla 17. Coeficiente metabólico q C-CO₂ /mg C_{mic} * d⁻¹

INICIO	FINAL	ANOVA
**	**	**
0,29ab	0,69ba	T1
0,24ac	0,60bb	T2
0,31aa	0,56bb	T3
0,28bb	0,53aa	T4
0,08bc	0,64ab	T5
0,32ba	0,59ab	T6
10.41	23.17	CV

El qCO_2 indica que ha mayor tiempo en descanso de las parcelas los suelos entran en un equilibrio, por otro lado cuando las parcelas obtienen incorporaciones de residuos en un principio estas entran en un estrés fisiológico el cual va en descenso a medida que pasa el tiempo.

6 CONCLUSIONES

En base a nuestros objetivos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La mineralización del nitrógeno con abonamiento orgánico más la aplicación del bioinsumo terrabiosa en condiciones controladas nos dio $12,63 \text{ mg N kg}^{-1}$ suelo, esto significa que es recomendable su uso para favorecer la fertilización del suelo y emplearlo para incrementar el nitrógeno mineral que es el elemento más requerido por los cultivos; la dosificación a emplear para obtener estos datos es de 20 Ton de estiércol ovino estabilizado.
- La aplicación del estiércol al suelo mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas, juega un papel importante en la fertilidad del suelo su aplicación y manejo tiene que ser el adecuado para favorecer con el aporte de nutrientes al suelo, incrementar la retención de agua, mejorar la porosidad, entre otros, también puede ocasionar contaminación del aire y agua, así como la inmovilización de nutrientes, acidez en los suelos; por lo tanto su uso y empleo tiene que ser el adecuado antes de su implementación en las parcelas de cultivo.
- La velocidad de mineralización del nitrógeno permite conocer cuánto de este elemento se va liberando en forma disponible en periodos específicos de tiempo, la tasa de mineralización encontrada en el periodo de incubación de 140 días de evaluación periódica de nitrógeno desprendido por parte de los tratamientos fue de $0,79 \text{ mg N kg}^{-1}$ suelo, para un suelo franco arenoso ubicado en la comunidad de Villa Patarani.
- La cantidad máxima de nitrógeno disponible que podrá liberar el estiércol es de $7,63 \text{ mg N kg}^{-1}$ suelo, en condiciones controladas, en muchos casos esto depende de la cantidad de carbono orgánico que los microorganismos puedan utilizar en su metabolismo para luego devolverlos al medio. Este parámetro es una alternativa eficaz para cuantificar el aporte de nitrógeno al suelo para que los cultivos puedan

aprovecharlos y para generar recomendaciones de aplicación de fertilizantes nitrogenados.

- La velocidad de mineralización del carbono se evaluó mediante la respiración de microorganismos presentes en el material de estudio, estos datos están relacionados a la cantidad de estiércol aplicado, se observa que al inicio estos presentan mayores niveles de CO₂ esto indica que al brindar al suelo el estiércol los microorganismos lo utilizaron como su fuente de energía.
- Por último, podemos concluir que el aumento de la actividad microbiana se debe al contenido de fuentes orgánicas provenientes de residuos vegetales que proporcionan energía para los microorganismos y a su vez aumenta el crecimiento acelerado de la masa microbiana.
- El bioinsumo terrabiosa es un acelerador de la descomposición de la materia orgánica al utilizarlo junto al estiércol muestra una eficiencia en la descomposición y por ende una mayor liberación de nutrientes en este caso nitrógeno mineral. Este producto biológico producido a base de fermentación de plantas, sirve para estimular y activar la nutrición del abono hacia el cultivo.

7 RECOMENDACIONES

- Evaluar en forma cualitativa y cuantitativa la dinámica de algunos componentes de la microflora del suelo en parcelas agrícolas del altiplano boliviano.
- Efectuar estudios similares de mineralización de nitrógeno y carbono con la implementación de cultivos, considerando variables climatológicas, relación carbono/ nitrógeno, carbono orgánico en cada fecha de evaluación.
- Emplear distintos abonos orgánicos para su determinar tasas y potencial de mineralización de distintos fertilizantes orgánicos que son empleados en nuestro país.
- Determinar el contenido de nitrógeno y carbono de la biomasa microbiana del suelo ya que son parámetros que influyen en la calidad del suelo.
- Realizar un seguimiento en cada etapa de evaluación respecto a la relación C/N para evidenciar la inmovilización y/o mineralización.

8 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ACOSTA, J.** 2006 Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de un mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6 (3). Venezuela p 220-227 Disponible en: <http://www.rodalyc.org/articulo.oa?id-90460303>
- AGUILAR, A; ETCHEVERS, J y CASTELLANOS, J.** 1987. Análisis Químico para evaluar la Fertilidad del suelo. *Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo* pp 45-93.
- ANZALONE, A y LAZO, J.** 2002. Evolución del carbono de la biomasa microbiana en un suelo tratado con Metribuzina y cultivado con papa (*Solanum tuberosum*). *Bioagro*. vol. 14, número 002, Universidad Centro-Occidental Lisandro Alvarado. pp 55-63.
- BRADY, N y WEIL, R.**1999. *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey, US Prentice Hall. 881p.
- BUCKMAN y BRADY.** 1993. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona – España. 590 p.
- CABALLERO, A.** 2013. *Dinámica del nitrógeno mineral y biomasa microbiana en suelos con diferente manejo en el Altiplano boliviano*. Tesis, Fac. Agro. UMSA. La Paz, Bolivia.
- CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE,** 1998. *Ciclo del Nitrógeno y ciclo del Carbono*. Libro electrónico. Disponible en: <http://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-de-la-Tierra/6/98>
- CERRATO, H; LEBLANC, H y KAMEKO, C.** 2007. *Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad EARTH*. Las Mercedes de Guacimo, Limón, Costa Rica.
- COMPLEJO DE LABORATORIOS – BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO.** s.f. *Toma de muestra en análisis de suelo*. Edición N°2, Hojas 1-6. Buenos Aires, Córdova. Disponible en: http://cbcr.org.ar/documentos/fichas/FTA10N1Muestreo_de_suelos.pdf

- CORDOVA, G.** 2010. Mineralización de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Campus Tabasco. Tabasco, México. Tesis de Maestría. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1932/193217916013.pdf>
- CHILON, E.** 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. CIDAT. La Paz Bolivia. pp 44-47
- DA CAS SIMON, VERA LUCIA.** 2009. Mineralizacáo do carbono e do nitrogenio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha de aveia. Tesis de Masterado. Universidad Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil.
- DE CARLY, R y ANGULO, W.** 2006. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani- Altiplano Central boliviano). Instituto de Ecología Vol 41 (3). La Paz, Bolivia.
- DOMINGUEZ, A.** 1997. Tratado de Fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 613 p.
- ECHEVARRIA, H; BERGONZI, R y FERRARI, Z.** s.f. Carbono y nitrógeno de la biomasa microbial de los suelos del Sudeste Bonaerense. Unidad Integrada INTA. Balcarce, Buenos aires. Disponible en: <http://www.inta.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap19.pdf>
- FERREIRO, J.** 2000. Propiedades de suelos del Prado de Galicia. Tesis doctorado. Facultad de Farmacia. Disponible en: <http://books.google.com.bo>
- FLORES, P; CORRAL, B; QUEZADA, A; SOTOMAYOR, V y MAURICIO, L.** 2007-2008. Mineralización de nitrógeno en suelos tratados con Estiércol bovino y cultivado con algodónero. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas. Ciudad Juárez, Chihuahua. Disponible en: <http://www.uacj.mx/docentes/juflores/Documents/InformeMineralizacionestiercol2008.pdf>
- FUENTES, Y.** 1999. Manual práctico sobre utilización de Suelo y Fertilizantes. Ed.Mundi-Prensa, Madrid.

- FUENTES, J.** 2002. Manual Práctico sobre Utilización de Suelo y Fertilizante. Primera Edición. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- GARCÍA, C; GIL-SOTRES, F; HERNANDEZ, T y TRASAR-CEPEDA, C.** 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos, medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Ed. Mundi-Prensa, Madrid
- GIACOMINI, S.** 2005. Avaliação e Dinâmica da carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos. Tesis de Doctorado. Santa Maria-Brasil. Universidad Federal de Santa María. 248 p.
- GUERRERO A.** 1999.El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi prensa. España. 206 p.
- GROS, A.** 1983. “Abonos. Guía práctica de la fertilización”. Ed. Mundi-Prensa Madrid. Madrid, España. 236 p.
- HARRISON, J.** 2003. Ciclo del Nitrógeno. Visión learning. Vol. FAS-(4).
- HERVE, D; DOMINIQUE, R. y BECK, STEPHAN.** 2006. Balance de investigaciones sobre la reconstitución de la fertilidad del suelo en el Altiplano central boliviano (TROPADES- Bolivia). Ecología en Bolivia. vol 41, N° 3,p1-18
- IBTEN.** 2012. Instituto de ciencias y tecnología nuclear, centro de investigaciones nucleares, división de química. Análisis Físico – Químico de Suelos.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE),** 2012
<http://www.ine.gob.bo/pdf/AtlasMunicipal/021305.pdf>
- LABRADOR, J.** 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 279p
- LAVADO, R.** 2001. Aguas y sustratos para la Producción Ornamental. Orgánicos N° 7. Ediciones New Plant. 109 p.
- LEON, N.** 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. Trabajo realizado en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Ed. ISSN. México. 163-174.

- LOPEZ, L y ALVAREZ, S.** 2006. El ciclo del carbono la mineralización y descomposición de residuos. Tesis de grado. Universidad Nacional de Comahue, Argentina. (en línea). Disponible en: http://faciaweb.uncoma.edu.ar/academica/materia/microbiologia_mineraliz_ydesc_pdf
- MAMANI, P.** 2011. Exportación y balance de nitrógeno en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo diferentes niveles de abono en la comunidad de Callapa. Tesis, Fac. Agro. UMSA. La Paz, Bolivia.
- MATIAS, S; FERRERA, R y ZEBROWSKI, C.** 2010. Respiración microbiana como un indicador de la fertilidad de los suelos agrícolas y tepetates en el estado de Tlaxcala. Tesis Centro de Edafología Montecillo, México
- MIRANDA, R.** 2012. Adubação orgânica em condições de Irrigação suplementar e seu efeito na Produtividade da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) no planalto da Bolívia. Tesis de Doctorado en la Ciencia del Suelo. Universidad Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil. 98p.
- MITA, V.** 1995. Evaluación de la calidad y costo de roturación con arado de vertedera y discos en parcelas campesinas del Altiplano Central Boliviano. Tesis Universidad Mayor de San de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 132 p.
- MEDINA, D.** 2005. Manejo de estiércol de ovino mediante dos especies de lombriz (*Eisenia foetida*) y una nativa. Tesis. Fac. Veterinaria, Morelia, Michoacan. México
- MELLENDEZ, G. y SOTO, G.** 2003. Taller de Abonos orgánicos. Centro de investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios no sintéticos.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN.** 1999. Manual práctico de manejo del suelo y de los fertilizantes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 159 p.
- MONTES DE OCA, I.** 1997. Sistemas de riego y agricultura en Bolivia. Cooperación Técnica Canadiense. La Paz, Bolivia. P. 79-113.

- MONTENEGRO, S.** 2008. Influencia de la aplicación de vinaza sobre la presencia, actividad y biomasa microbiana del suelo en cultivo de maíz dulce (*Zea Mays*). Tesis Msc. Universidad de Colombia. pp. 124
- MORA, D.** 2006. La actividad microbiana un indicador integral de la calidad del suelo. Tesis doctoral. Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Palmira. (en línea). Disponible en: <http://unazul.ucaidas.edu.co/index.php-content&task=view&idtemid-223>
- MORENO, J. y MORAL, R.** 2007. Compostaje. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 570 p.
- NAVARRO, S. y NAVARRO, G.** 2003. Química agrícola. Edic. Mundi-Prensa. Madrid, España. 491 p.
- OCHOA, V y OSCO, E.** 2007. Actividades enzimáticas como indicadores de calidad del suelo en agroecosistemas ecológicos (en línea). Revista electrónica del Programa de Doctorado/Master “Análisis y gestión de ecosistemas”. Departamento de Biología Animal, Vegetal y Ecología. Universidad de Jaén.
- ORTUÑO, N.; NAVIO, O y MENESES,** s.f. Catálogo de Bioinsumos. Fundación Proinpa.
- OSCO, S.** 2009. Producción de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la Localidad de Tiwanacu. Tesis, Fac. Agro. UMSA. La Paz, Bolivia.
- PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL PATACAMAYA (PDM Patacamaya).** 2006–2010. Disponible en: <http://bibliotecadigital.fam.bo/busqueda/detalle/250>
- PROINPA.** 2012. Catalogo Bioinsumos Disponible en: <http://www.proinpa.org/.../79-tribobal-y-terrabiosa-para-la-marchitez-seca-o-c>.
- RUIZ, S.** 1988. Descomposición de la materia orgánica bajo condiciones controladas. Ecología en Bolivia 11. Bolivia p 47-64
- STANFORD, G y SMITH, S.** 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. Us Soil Laboratory Soil & Water Conservation Research Division, ARS. USDA.

Beltville.MD. (en línea). Disponible en:
<http://library.upenn.edu/classics1987/A1987H917300001.pdf>

SALISBURY, F. Y ROSS, C. 2000 Fisiología de las Plantas. Edit. Thomson Learning. Madrid, España. 988 p.

SANTELISES, R. 1987. Análisis físico- químico del suelo. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de OEA. Centro de Enseñanza e Investigación. San José. Costa Rica. 214 p.

SEMMARTIN, M. 2006. Dinámica de la descomposición y la mineralización neta del nitrógeno y del fosforo de heces de vacunos en pastoreo sobre un pastizal templado. Revista Argentina de Producción Animal 26: 193-202.

SEPAR. 2004 Boletín de Estiércoles, consulta el 13 de Julio del 2008, disponible, <http://www.upv.es/resiagri/ficheros/i0068.pdf>

SICA. (Servicio de Información Agropecuaria). 2001. Producción orgánica de quinua. Ministerio de agricultura, ganadería acuacultura y pesca del Ecuador.

SIPE, W. 2011. Boletín informativo de fertilidad en el Altiplano Boliviano.

SOLÍS, J; DÍAZ, E; LEÓN, N. y GUILLÉN, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. Terra Latino americana, vol. 28, núm. pp. 239-245 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.Chapingo, México.

SUAREZ, F. 1998. Conservación de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica. Tercera Edición.

TARIGO, A; REPETTO, C y ACOSTA, D. 2004. Evaluación agronómica de Biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Tesis Fac. Agronomía. Montevideo, Uruguay. Disponible en <http://www.ceuta.org.uy/files/Biofertilizantes.pdf>

TEDESCO. 1995. Analise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- THOMPSON y TROEH.** 2002. La fertilidad de los suelos, Edit. Reverte. España. 639p.
- TILAS y GARCIA** 1996. Manual de suelos y fertilización.
- TISLADE, S.** 1991 Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. 1ra. reimpresión editorial Limusa México D. F. 761 p.
- URBANO, P.** 2001. Tratado de fitotecnia general. 2^{da} Ed. Edit. Mundi prensa. España. 893 p.
- VICENTE, J.** 2005. Diseños Experimentales. La Paz, Bolivia. pp.80 – 83.
- VIDELA, C; PAZOS, A; TRIVELIN, P; ECHEVERRIA, H y STUDDERT, G.** 2005. Mineralización bruta de nitrógeno bajo labranza convencional, siembra directa y pastura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar de Plata. Balcarce, Argentina. Disponible en: cvidela@balcarce.inta.gov.ar
- VILLARROEL, J.** 1990, Inventario de la producción de abonos orgánicos en Bolivia. 1^{er}Seminario Nacional sobre fertilidad de suelos y uso de fertilizantes en Bolivia. Santa Cruz, Bolivia 1990 CIAT-IBTA.
- WILD, A.**1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- YAGODIN, B.** 1986. Agroquímica II. Editorial Mir. Moscú.URSS.464 p.
- ZAGAL, E., CÓRDOVA, C.** 2005. Indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo en un andisol cultivado. Agricultura Técnica. 65(2). Página consultada en septiembre de 2005. Disponible en: <http://www.inia.cl/at/agritec.htm>.

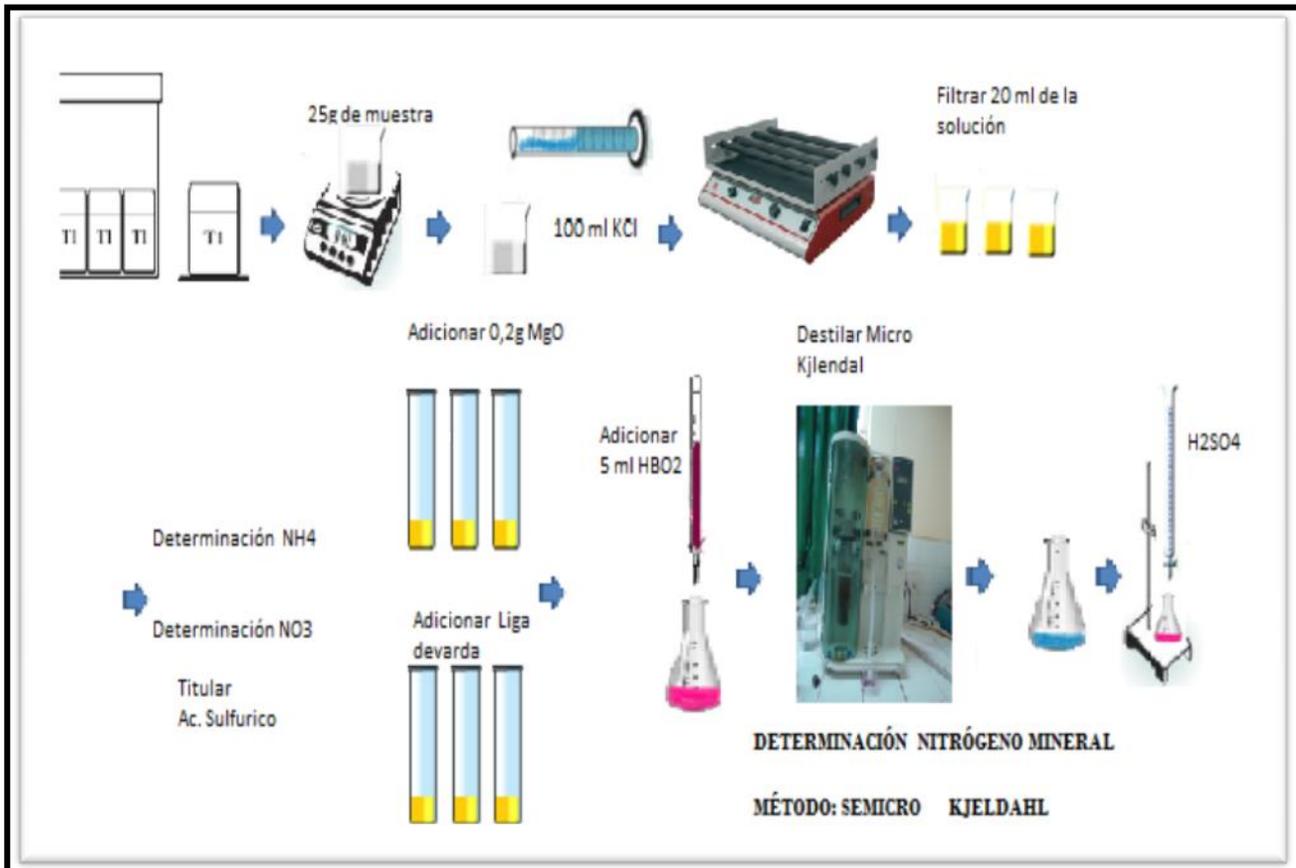
ANEXOS

ANEXO 1. Ficha Técnica de Terrabiosa

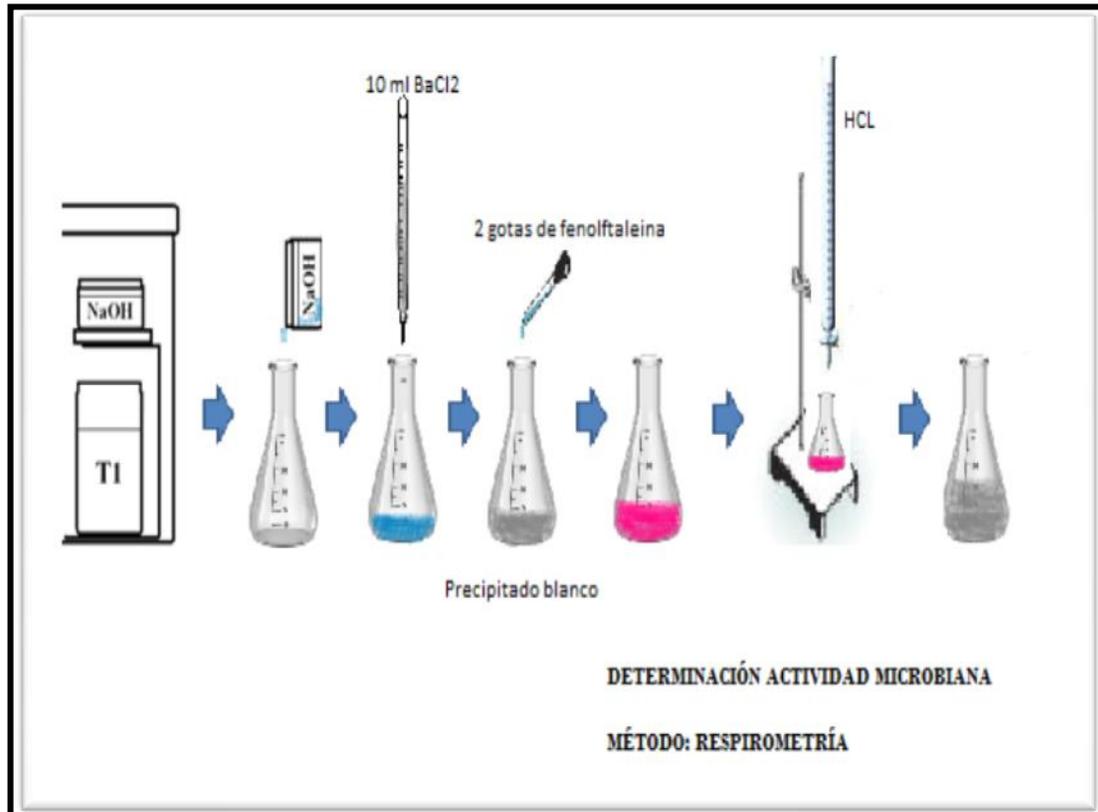
FICHA TÉCNICA Terra Biosa

Descripción	Terra Biosa es una mezcla de hierbas aromáticas orgánicas, que son fermentadas con una combinación especial de cultivos ácido láctico. Durante la fermentación se forma el ácido láctico, lo que da un bajo Ph de 3.5. Este bajo Ph previene el desarrollo de bacteria dañina en el producto terminado.
Uso	Como mejorador del suelo y de plantas Como cultivo iniciador en el compostaje
Dosis	70 litros/hectárea/año
Presentación	Líquida
Color	Rojo – café
Olor	Acido – dulce
Ph	Concentrado: Aproximadamente 3.5
Ingredientes	Agua, melazas orgánicas (caña de azúcar), sacarina, fructosa orgánica, dextrosa orgánica, hierbas y cultivos microbianos.
Culturas	Lactobacillus acidophilus, Bifido bacterium animalis subsp. Lactis ,Streptococcus thermophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus lactis subsp. Lactis, Lactobacillus lactis subsp. Lactis biov. Diacetylactis, Leuconostoc pseudomesenteroides, Lactobacillus plantarum, Rhodospseudomonas palustris, Saccharomyces cerevisiae.
Hierbas	El contenido total de hierbas es aproximadamente el 0.4% del volumen total del producto terminado. Los porcentajes de hierbas en la mezcla son: Angelica archangelica (angélica) 4.5% Anethum graveolens (eneldo) 4.5% Anthriscus cerefolium (perifollo) 4.5% Foeniculum vulgare (hinojo) 9%, Glycyrrhiza glabra (raíz de orozuz) 9% Juniperus communis (enebro) 4.5%, Matricaria recutita (manzanilla) 4.5% Mentha piperita (hierbabuena) 4.5% Ocimum basilicum (albahaca) 4.5% Origanum vulgare (orégano) 4.5%, Petroselinum crispum (perejil) 4.5% Pimpinella anisum (anís) 9% Rosmarinus officinalis (romero) 4.5%, Salvia officinalis (salvia) 4.5% Sambucus nigra (flores de saúco) 4.5% Thymus vulgaris (tomillo) 4.5%. Trigonella foenum-graecum (alholva) 4.5%, Urtica dioica (ortiga) 4.5% Zingiber officinale (raíz de jengibre) 4.5%
Almacenamiento	Sin abrir: No requiere de cuidados especiales Abierto: En lugar oscuro y fresco
Declaración	GMO Este producto no contiene ningún organismo genéticamente modificado
Declaración orgánica	Este producto es 100% orgánico. Certificado por el sistema de inspección Danés que concierne los alimentos orgánicos (Council Regulation (EC) 834/2007
Vida Útil	Sin abrir: 12 meses La Fecha de vencimiento y el número del lote (día, semana y año) se encuentran en la etiqueta de cada botella
Tamaño de Empaque	1, 5 y 20 litros
Control de calidad	Laboratorios Steins de Dinamarca.
Productor	Biosa Danmark ApS, Sonnerupvej 41, DK 3300 Frederiksværk
Comercializadora	BIOSA COLOMBIA S.A www.biosacolombia.com

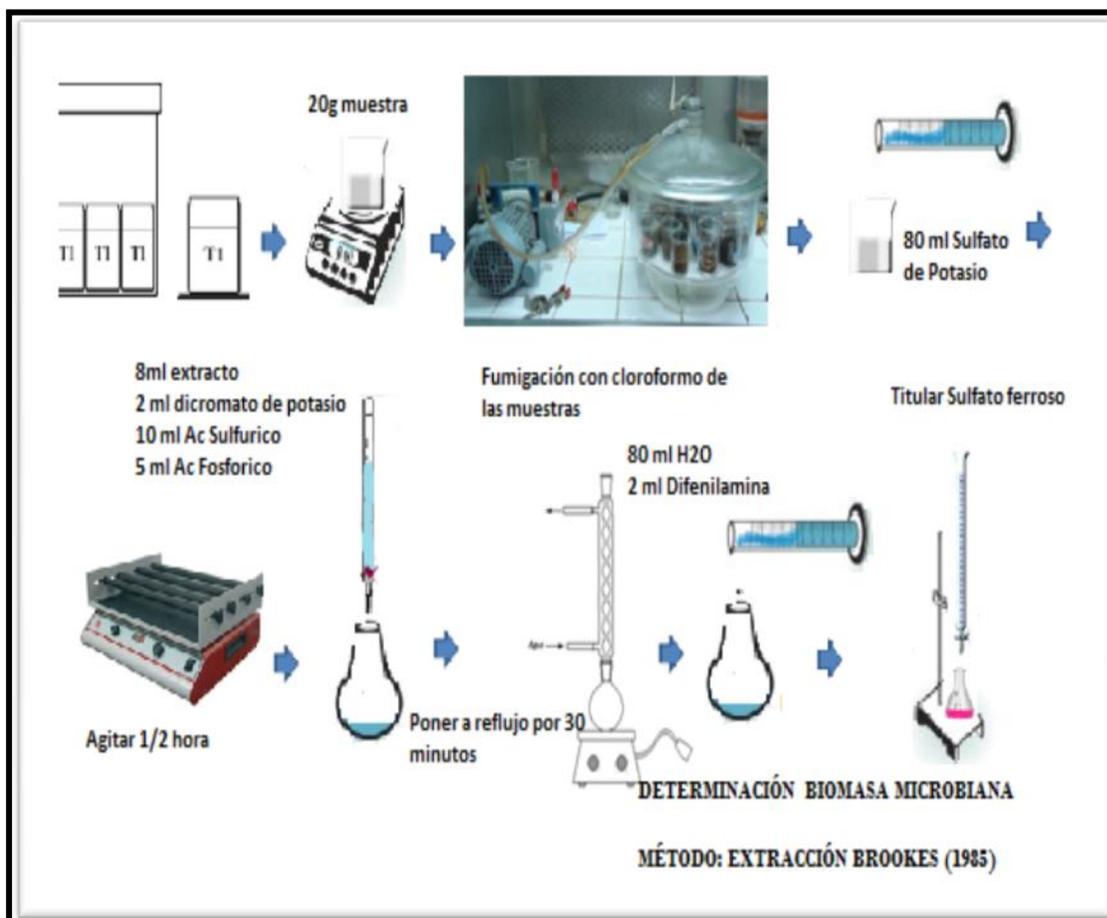
ANEXO 2. Determinación de Nitrógeno Mineral



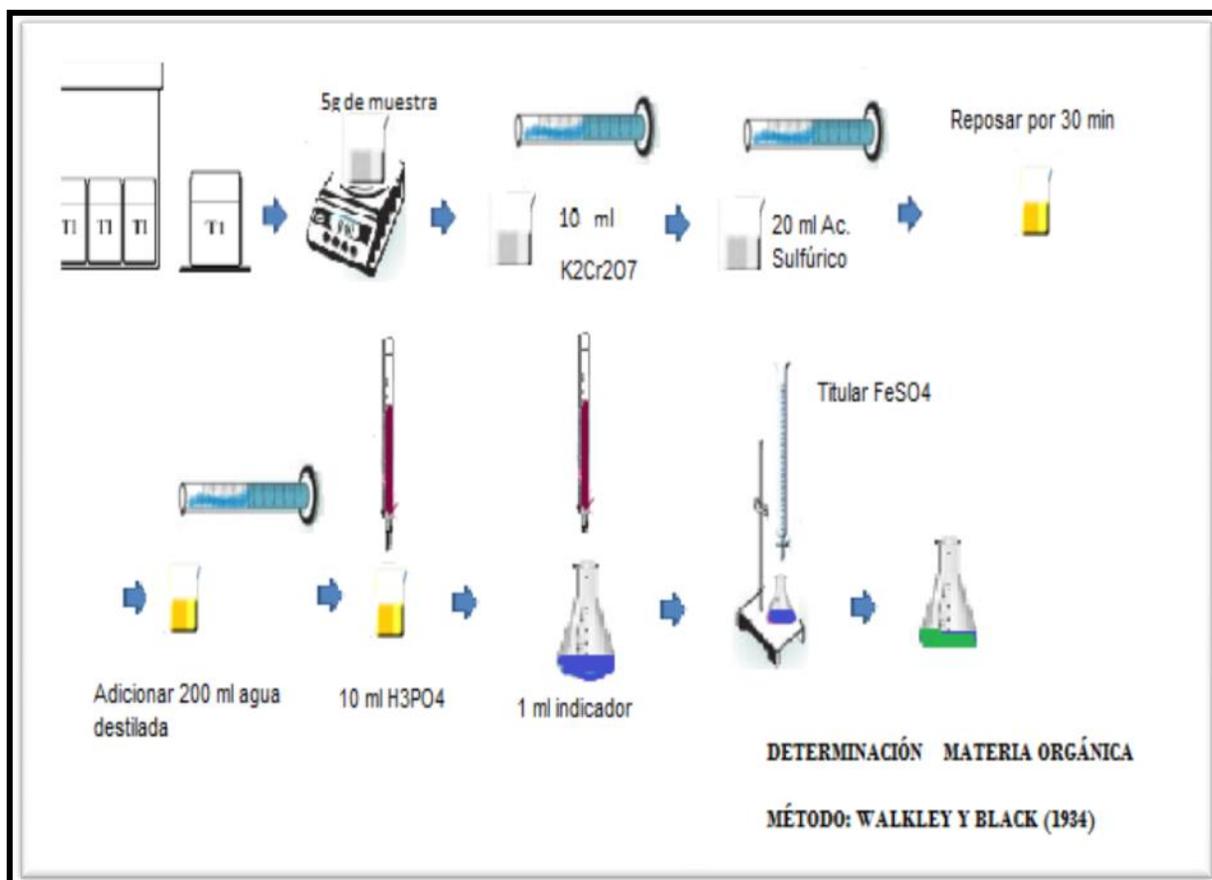
ANEXO 3. Determinación de Actividad Microbiana



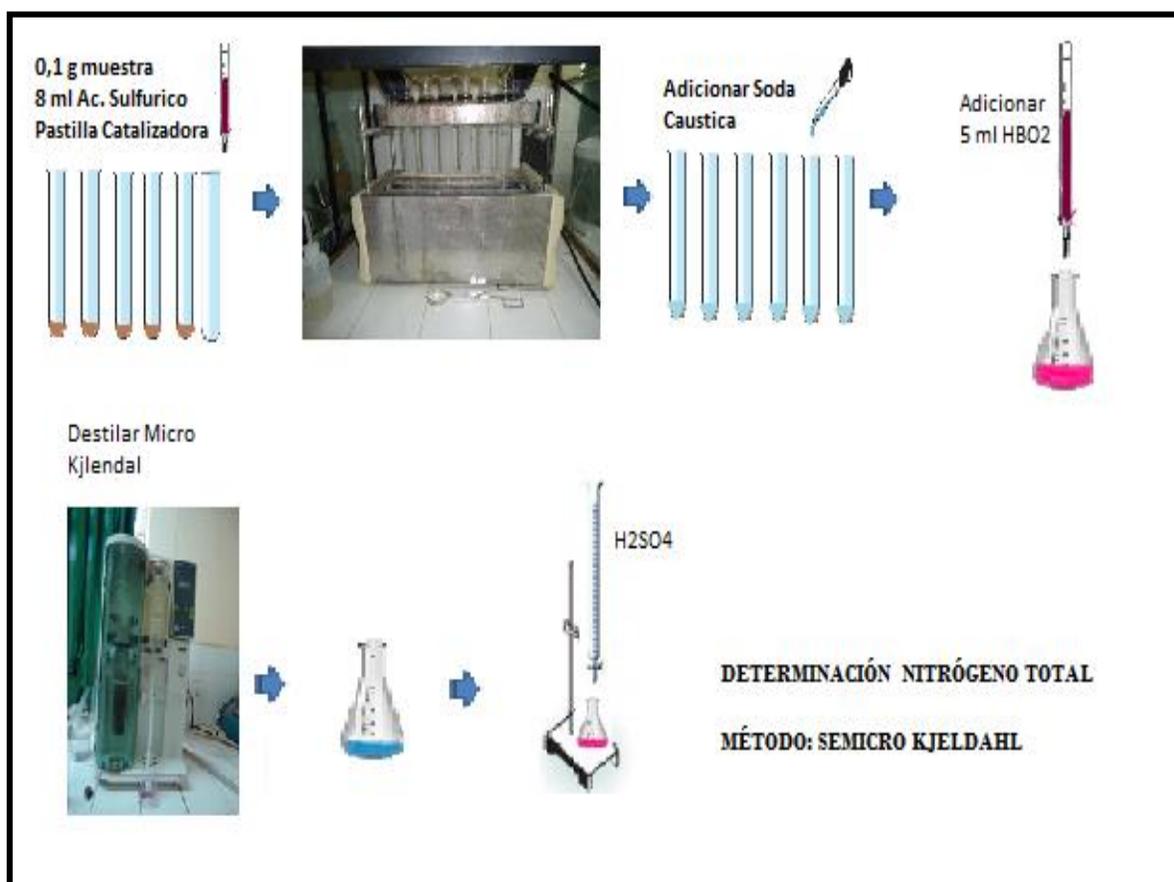
ANEXO 4. Determinación Biomasa Microbiana



ANEXO 5. Determinación Materia Orgánica



ANEXO 6. Nitrógeno Total



ANEXO 7. Análisis Químico de Abonos



IBTEN

MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : **ROBERTO MIRANDA CASAS**
 PROCEDENCIA : **Departamento LA PAZ**
 Comunidad de VILLA PATARANI

NÚMERO DE SOLICITUD : **086Y / 2012**
 FECHA DE RECEPCIÓN : **17 / Abril / 2012**
 FECHA DE ENTREGA : **11 / Mayo / 2012**

PRODUCTO : **ESTIERCOL DE OVEJA**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
223-01 /2012	Nitrógeno	2,090	% N	Kjeldal
223-02 /2012	Fósforo	0,36	% P	Espectrofotometría UV-Vis
223-03 /2012	Potasio	0,66	% K	Emisión atómica
223-04 /2012	Materia orgánica	32,96	%	Walkley Back
223-05 /2012	pH	7,43	-	Potenciometría
223-06 /2012	C. E.	5,39	mS / cm	Potenciometría
223-07 /2012	Materia seca	96,95	%	Gravimetría
223-08 /2012	Humedad	3,05	%	Gravimetría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base seca.*
 C. E. *Conductividad Eléctrica*



[Handwritten Signature]
 RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CHIRIGANA S.

ANEXO 8. Variables evaluadas en el S.A.S 9.1 - ANOVA

8.1 Nitrógeno Mineral – Tiempo 0 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	2.68347222	2.68347222	74.97	<.0001	*
Dosis	2	0.21831111	0.10915556	3.05	0.0849	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.32231111	0.16115556	4.50	0.0348	*
Error experimental	12	0.42953333	0.03579444			
Error Total	17	3.65362778				

CV 11.23

8.1.2 Nitrógeno Mineral – Tiempo 5 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	21.78440022	21.78440022	203.86	<.0001	*
Dosis	2	18.56747911	9.28373956	86.88	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	8.13747911	4.06873956	38.08	<.0001	*
Error experimental	12	1.28231733	0.10685978			
Error Total	17	49.77167578				

CV 11.63

8.1.3 Nitrógeno Mineral – Tiempo 10 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	51.87050756	51.87050756	108.42	<.0001	*
Dosis	2	20.65456965	10.32728483	21.59	0.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	21.30415180	10.65207590	22.26	<.0001	*
Error experimental	12	5.74119083	0.47843257			
Error Total	17	99.57041984				

CV 10.69

8.1.4 Nitrógeno Mineral – Tiempo 14 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	52.94342201	52.94342201	120.39	<.0001	*
Dosis	2	43.00507456	21.50253728	48.90	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.32231111	0.87560686	1.99	0.1792	*
Error experimental	12	1.75121372	0.4397500			
Error Total	17	102.9767098				

CV 10.17

8.1.5 Nitrógeno Mineral – Tiempo 20 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.99442604	0.99442604	1.45	0.2525	*
Dosis	2	42.02537079	21.01268540	30.54	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	3.20357314	1.60178657	2.33	0.1398	*
Error experimental	12	8.25585995	0.68798833			
Error Total	17	54.47922991				

CV 12.68

8.1.6 Nitrógeno Mineral – Tiempo 30 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.24714689	1.24714689	3.66	0.0800	*
Dosis	2	3.99277989	1.99638995	5.85	0.0168	*
Bioinsumo*Dosis	2	7.11441708	3.55720854	10.43	0.0024	*
Error experimental	12	4.09357237	0.34113103			
Error Total	17	16.44791624				

CV 9.15

8.1.7 Nitrógeno Mineral – Tiempo 50 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	8.23855232	8.23855232	9.11	0.0107	*
Dosis	2	49.19949826	24.59974913	27.21	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	6.27184197	3.13592099	3.47	0.0647	*
Error experimental	12	10.84766635	0.90397220			
Error Total	17	74.55755890				

CV 14.88

8.1.8 Nitrógeno Mineral – Tiempo 80 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.0035168	0.0035168	0.00	0.9537	*
Dosis	2	102.7781885	51.3890942	51.44	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	8.1650865	4.0825433	4.09	0.0443	*
Error experimental	12	11.9869618	0.9989135			
Error Total	17	122.9337536				

CV 11.63

8.1.9 Nitrógeno Mineral – Tiempo 110 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	35.97668588	35.97668588	8.07	0.0149	*
Dosis	2	89.36387676	44.68193838	10.03	0.0028	*
Bioinsumo*Dosis	2	10.44250055	5.22125028	1.17	0.0443	*
Error experimental	12	53.4803430	4.4566953			
Error Total	17	189.2634062				

CV 23.94

8.1.10 Nitrógeno Mineral – Tiempo 140 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	72.98252928	72.98252928	134.96	<.0001	*
Dosis	2	59.45244919	29.72622460	54.97	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	7.49729584	3.74864792	6.93	0.0100	*
Error experimental	12	6.4891804	0.5407650			
Error Total	17	146.4214547				

CV 9.81

8.2. Amonio – Tiempo 0 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.50333889	0.50333889	15.12	0.0022	*
Dosis	2	0.86021111	0.43010556	12.92	0.0010	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.76781111	0.38390556	11.53	0.0016	*
Error experimental	12	0.39946667	0.03328889			
Error Total	17	2.53082778				

CV 24.86

8.2.2 Amonio – Tiempo 5 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.52020000	0.52020000	8.34	0.0137	*
Dosis	2	5.79684444	2.89842222	46.44	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.81480000	0.40740000	6.53	0.0121	*
Error experimental	12	0.74893333	0.06241111			
Error Total	17	7.88077778				

CV 21.70

8.2.3 Amonio – Tiempo 10 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	23.44298689	23.44298689	97.19	<.0001	*
Dosis	2	8.80123333	4.40061667	18.24	0.0002	*
Bioinsumo*Dosis	2	3.39935511	1.69967756	7.05	0.0095	*
Error experimental	12	2.89435467	0.24119622			
Error Total	17	38.53793000				

CV 14.71

8.2.4 Amonio – Tiempo 14 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	49.1106569	49.1106569	0.88	0.3668	*
Dosis	2	834.0546293	417.0273147	7.47	0.0078	*
Bioinsumo*Dosis	2	3381.7751484	190.8875742	3.42	0.0668	*
Error experimental	12	670.019917	55.834993			
Error Total	17	1934.960352				

CV 75.96

8.2.5 Amonio – Tiempo 20 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.08732089	1.08732089	4.15	0.0644	*
Dosis	2	38.45406978	19.22703489	73.30	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	2.18942178	1.09471089	4.17	0.0421	*
Error experimental	12	3.14772267	0.26231022			
Error Total	17	44.87853511				

CV 17.40

8.2.6 Amonio – Tiempo 30 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.89735200	1.89735200	20.74	0.0007	*
Dosis	2	7.26564400	3.63282200	39.70	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	5.62548400	2.81274200	30.74	<.0001	*
Error experimental	12	1.09798400	0.09149867			
Error Total	17	15.88646400				

CV 13.47

8.2.7 Amonio – Tiempo 50 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.03938689	0.03938689	0.10	0.7620	*
Dosis	2	34.39053378	17.19526689	41.91	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	5.32905378	2.66452689	6.49	0.0123	*
Error experimental	12	4.92392267	0.41032689			
Error Total	17	44.68289711				

CV 19.69

8.2.8 Amonio – Tiempo 80 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	6.81915817	6.81915817	16.02	0.0021	*
Dosis	2	21.37341746	10.68670873	25.11	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	2.71440476	1.35720238	3.19	0.0809	*
Error experimental	12	4.68186667	0.42562424			
Error Total	17	35.58884706				

CV 15.23

8.2.9 Amonio – Tiempo 110 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	24.50000000	24.50000000	8.73	0.0120	*
Dosis	2	10.06514444	5.03257222	1.79	0.2082	*
Bioinsumo*Dosis	2	9.86543333	4.93271667	1.76	0.2140	*
Error experimental	12	33.66646667	2.80553889			
Error Total	17	78.09704444				

CV 37.09

8.2.10 Amonio – Tiempo 140 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	32.53555556	32.53555556	98.33	<.0001	*
Dosis	2	11.74547778	5.87273889	17.75	0.0003	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.28534444	0.14267222	0.43	0.6594	*
Error experimental	12	3.97040000	0.33086667			
Error Total	17	48.53677778				

CV 17.98

8.3 Nitratos y nitritos – Tiempo 0 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.85805000	0.85805000	237.61	<.0001	*
Dosis	2	0.49941111	0.24970556	69.15	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.49210000	0.24605000	68.14	<.0001	*
Error experimental	12	0.04333333	0.00361111			
Error Total	17	1.89289444				

CV 6.32

8.3.2 Nitratos y nitritos – Tiempo 5 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	15.49388889	15.49388889	207.48	<.0001	*
Dosis	2	3.91254444	1.95627222	26.20	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	3.91254444	1.95627222	26.20	<.0001	*
Error experimental	12	0.89613333	0.07467778			
Error Total	17	24.21511111				

CV 16.48

8.3.3 Nitratos y nitritos – Tiempo 10 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	5.54667022	5.54667022	46.83	<.0001	*
Dosis	2	7.78112711	3.89056356	32.85	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	7.78112711	3.89056356	32.85	<.0001	*
Error experimental	12	1.42133600	0.11844467			
Error Total	17	22.53026044				

CV 10.99

8.3.4 Nitratos y nitritos – Tiempo 14 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	21.16939616	21.16939616	106.12	<.0001	*
Dosis	2	14.94522401	7.47261200	37.46	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.90803571	0.45401786	2.28	0.1489	*
Error experimental	12	2.19425000	0.19947727			
Error Total	17	39.21690588				

CV 12.34

8.3.5 Nitratos y nitritos – Tiempo 20 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00222222	0.00222222	0.01	0.9170	*
Dosis	2	0.07987778	0.03993889	0.20	0.8185	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.13341111	0.06670556	0.34	0.7183	*
Error experimental	12	2.35293333	0.19607778			
Error Total	17	2.56844444				

CV 12.31

8.3.6 Nitratos y nitritos – Tiempo 30 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.06600556	0.06600556	0.34	0.5687	*
Dosis	2	3.12981111	1.56490556	8.14	0.0058	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.31914444	0.15957222	0.83	0.4595	*
Error experimental	12	2.30646667	0.19220556			
Error Total	17	5.82142778				

CV 10.60

8.3.7 Nitratos y nitritos – Tiempo 50 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	7.15680556	7.15680556	30.94	0.0001	*
Dosis	2	3.65221111	1.82610556	7.90	0.0065	*
Bioinsumo*Dosis	2	4.27441111	2.13720556	9.24	0.0037	*
Error experimental	12	2.77553333	0.23129444			
Error Total	17	17.85896111				

CV 15.35

8.3.8 Nitratos y nitritos – Tiempo 80 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	7.18980074	7.18980074	32.58	0.0001	*
Dosis	2	58.66085298	29.33042649	132.92	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	16.81721786	8.40860893	38.11	<.0001	*
Error experimental	12	2.42731667	0.22066515			
Error Total	17	85.09518824				

CV 10.83

8.3.9 Nitratos y nitritos – Tiempo 110 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.58169935	1.58169935	5.65	0.0367	*
Dosis	2	51.74856389	25.87428194	92.41	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	1.62354167	0.81177083	2.90	0.0974	*
Error experimental	12	3.07978333	0.27998030			
Error Total	17	58.03358824				

CV 12.43

8.3.10 Nitratos y nitritos – Tiempo 140 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	8.10702222	8.10702222	37.82	<.0001	*
Dosis	2	35.40143333	17.70071667	82.58	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	10.36054444	5.18027222	24.17	<.0001	*
Error experimental	12	2.57220000	0.21435000			
Error Total	17	56.44120000				

CV 10.80

8.4 Actividad microbiana – Tiempo 0 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	3556.05556	3556.05556	44.08	<.0001	*
Dosis	2	25692.33333	12846.16667	159.25	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	10984.11111	5492.05556	68.08	<.0001	*
Error experimental	12	968.00000	80.66667			
Error Total	17	41200.50000				

CV 6.04

8.4.2 Actividad microbiana – Tiempo 5 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	274293.5556	274293.5556	273.85	<.0001	*
Dosis	2	184081.3333	92040.6667	91.89	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	164613.7778	82306.8889	82.17	<.0001	*
Error experimental	12	12019.3333	1001.6111			
Error Total	17	635008.0000				

CV 18.36

8.4.3 Actividad microbiana – Tiempo 10 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	16805.55556	16805.55556	14.88	0.0023	*
Dosis	2	55028.11111	27514.05556	24.36	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	97216.77778	48608.38889	43.04	<.0001	*
Error experimental	12	13552.0000	1129.3333			
Error Total	17	182602.4444				

CV 25.93

8.4.4 Actividad microbiana – Tiempo 14 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	60668.05556	60668.05556	95.00	<.0001	*
Dosis	2	57488.44444	28744.22222	45.01	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	27480.44444	13740.22222	21.52	0.0001	*
Error experimental	12	7663.3333	638.6111			
Error Total	17	153300.2778				

CV 19.05

8.4.5 Actividad microbiana – Tiempo 20 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1720.888889	1720.888889	12.80	0.0038	*
Dosis	2	658.777778	329.388889	2.45	0.1282	*
Bioinsumo*Dosis	2	981.444444	490.722222	3.65	0.0578	*
Error experimental	12	1613.333333	134.444444			
Error Total	17	4974.444444				

CV 37.94

8.4.6 Actividad microbiana – Tiempo 30 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1512.500000	1512.500000	4.89	0.0471	*
Dosis	2	7152.444444	3576.222222	11.57	0.0016	*
Bioinsumo*Dosis	2	161.333333	80.666667	0.26	0.7746	*
Error experimental	12	3710.66667	309.22222			
Error Total	17	12536.94444				

CV 27.93

8.4.7 Actividad microbiana – Tiempo 50 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1942.722222	1942.722222	19.27	0.0009	*
Dosis	2	1492.333333	746.166667	7.40	0.0081	*
Bioinsumo*Dosis	2	13.444444	6.722222	0.07	0.9359	*
Error experimental	12	1210.000000	100.833333			
Error Total	17	4658.500000				

CV 28.82

8.4.8 Actividad microbiana – Tiempo 80 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	11858.00000	11858.00000	84.00	<.0001	*
Dosis	2	3078.77778	1539.38889	10.90	0.0020	*
Bioinsumo*Dosis	2	766.33333	383.16667	2.71	0.1065	*
Error experimental	12	1694.00000	141.16667			
Error Total	17	17397.11111				

CV 17.67

8.4.9 Actividad microbiana – Tiempo 110 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	60.5000000	60.5000000	2.25	0.1595	*
Dosis	2	484.0000000	242.0000000	9.00	0.0041	*
Bioinsumo*Dosis	2	161.3333333	80.6666667	3.00	0.0878	*
Error experimental	12	322.6666667	26.8888889			
Error Total	17	1028.500000				

CV 21.75

8.4.10 Actividad microbiana – Tiempo 140 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	32938.88889	32938.88889	2.67	0.1280	*
Dosis	2	7959.11111	3979.55556	0.32	0.7301	*
Bioinsumo*Dosis	2	71685.77778	35842.88889	2.91	0.0933	*
Error experimental	12	147862.0000	12321.8333			
Error Total	17	260445.7778				

CV 11.26

8.5 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 0 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	394.805000	394.805000	44.05	<.0001	*
Dosis	2	2864.941111	1432.470556	159.81	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	1219.710000	609.855000	68.04	<.0001	*
Error experimental	12	107.560000	8.963333			
Error Total	17	4587.016111				

CV 6.05

8.5.2 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 5 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	7619.265428	7619.265428	273.85	<.0001	*
Dosis	2	5113.370367	2556.685183	91.89	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	4572.604931	2286.302466	82.17	<.0001	*
Error experimental	12	333.87037	27.82253			
Error Total	17	17639.11110				

CV 18.36

8.5.3 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 10 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.18779693	0.18779693	0.07	0.7974	*
Dosis	2	5.43720887	2.71860443	1.00	0.3974	*
Bioinsumo*Dosis	2	83.37732472	41.6886623 6	15.30	0.0005	*
Error experimental	12	32.7004993	2.7250416			
Error Total	17	121.7028298				

CV 24.91

8.5.4 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 14 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	77.38272379	77.38272379	95.00	<.0001	*
Dosis	2	73.32709741	36.66354871	45.01	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	35.05158702	17.52579351	21.52	0.0001	*
Error experimental	12	9.7746599	0.8145550			
Error Total	17	195.5360681				

CV 19.05

8.5.5 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 20 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00077356	0.00077356	0.01	0.9072	*
Dosis	2	0.07833811	0.03916906	0.72	0.5080	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.01235411	0.00617706	0.11	0.8940	*
Error experimental	12	0.65558067	0.05463172			
Error Total	17	0.74704644				

CV 44.14

8.5.6 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 30 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.21159961	0.21159961	1.83	0.2007	*
Dosis	2	2.28037924	1.14018962	9.88	0.0029	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.18187073	0.09093537	0.79	0.4770	*
Error experimental	12	1.38501561	0.11541797			
Error Total	17	4.05886519				

CV 32.21

8.5.7 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 50 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.26185942	0.26185942	11.25	0.0057	*
Dosis	2	0.25836796	0.12918398	5.55	0.0197	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.00698292	0.00349146	0.15	0.8623	*
Error experimental	12	0.27931672	0.02327639			
Error Total	17	0.80652701				

CV 33.28

8.5.8 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 80 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.32784636	1.32784636	42.11	<.0001	*
Dosis	2	0.53777778	0.26888889	8.53	0.0050	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.44482853	0.22241427	7.05	0.0094	*
Error experimental	12	0.37843622	0.03153635			
Error Total	17	2.68888888				

CV 25.64

8.5.9 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 110 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00491032	0.00491032	0.75	0.4035	*
Dosis	2	0.09929750	0.04964875	7.58	0.0074	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.00982063	0.00491032	0.75	0.4933	*
Error experimental	12	0.07856505	0.00654709			
Error Total	17	0.19259350				

CV 35.84

8.5.10 Velocidad de Mineralización del Carbono – Tiempo 140 días

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	1.65680239	1.65680239	2.67	0.1280	*
Dosis	2	0.40033755	0.20016878	0.32	0.7301	*
Bioinsumo*Dosis	2	3.60574300	1.80287150	2.91	0.0933	*
Error experimental	12	7.43735207	0.61977934			
Error Total	17	13.10023502				

CV 11.26

8.6 Nitrógeno total – Inicio

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00027222	0.00027222	0.01	0.9048	*
Dosis	2	0.23901111	0.11950556	6.55	0.0119	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.00381111	0.00190556	0.10	0.9016	*
Error experimental	12	0.21886667	0.01823889			
Error Total	17	0.46196111				

CV 20.54

8.6.1 Nitrógeno total – Final

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00108889	0.00108889	0.50	0.4930	*
Dosis	2	0.27004444	0.13502222	62.00	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.03484444	0.01742222	8.00	0.0062	*
Error experimental	12	0.02613333	0.00217778			
Error Total	17	0.33211111				

CV 17.14

8.7 Biomasa microbiana – Inicio

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	17.15027222	17.15027222	12.98	0.0036	*
Dosis	2	29.75703333	14.87851667	11.26	0.0018	*
Bioinsumo*Dosis	2	30.63021111	15.31510556	11.59	1 0.0016	*
Error experimental	12	15.86113333	1.32176111			
Error Total	17	93.39865000				

CV 1.97

8.7.1 Biomasa microbiana – Final

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	7.09388889	7.09388889	11.79	0.0050	*
Dosis	2	42.69777778	21.34888889	35.48	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	25.89777778	12.94888889	21.52	0.0001	*
Error experimental	12	7.22000000	0.60166667			
Error Total	17	82.90944444				

CV 1.31

8.8 Coeficiente metabólico – Inicial

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.01472380	0.01472380	46.87	<.0001	*
Dosis	2	0.08316471	0.04158235	132.37	<.0001	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.02654701	0.01327350	42.25	<.0001	*
Error experimental	12	0.00376961	0.00031413			
Error Total	17	0.12820512				

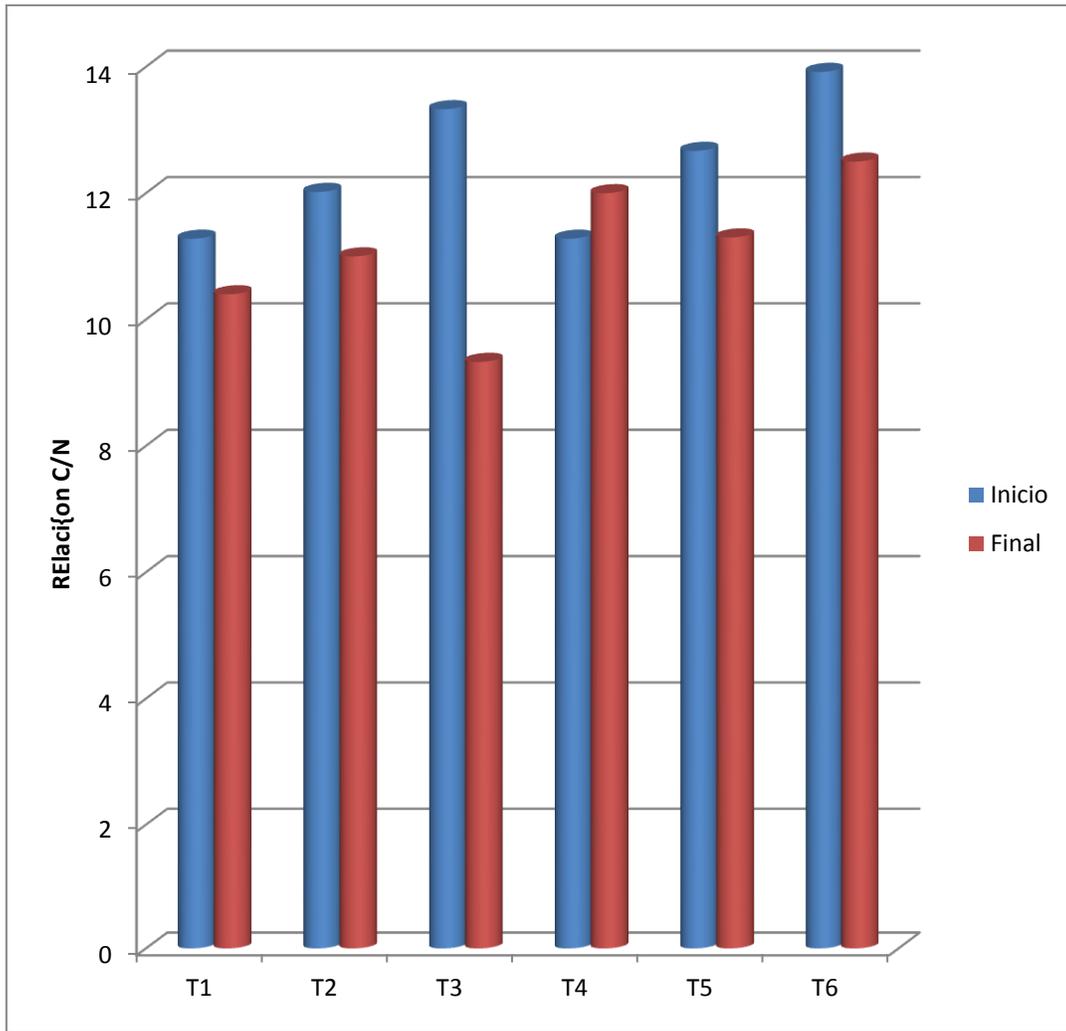
CV 6.89

8.8.1 Coeficiente metabólico – Final

Fuentes de Variación	G.L	S.C	CM	FC	FT 5%	Significancia
Bioinsumo	1	0.00475350	0.00475350	2.44	0.1440	*
Dosis	2	0.00722450	0.00361225	1.86	0.1983	*
Bioinsumo*Dosis	2	0.03816066	0.01908033	9.81	0.0030	*
Error experimental	12	0.02334012	0.00194501			
Error Total	17	0.07347879				

CV 7.27

ANEXO 9. Relación C/N



ANEXO 10. Galería de fotos

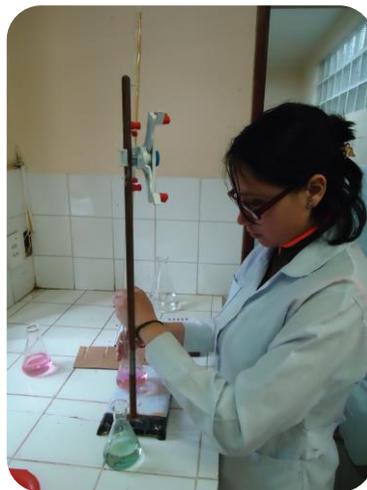
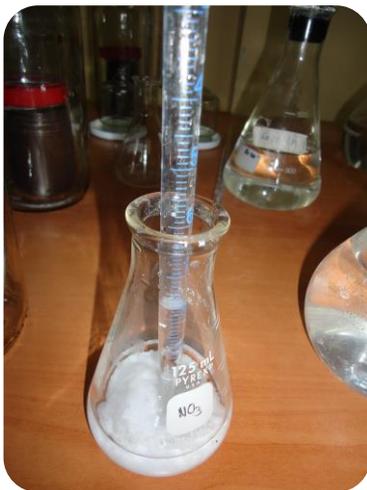


Suelo y estiércol recolectado de la comunidad de Villa Patarani

Preparación de los respectivos tratamientos



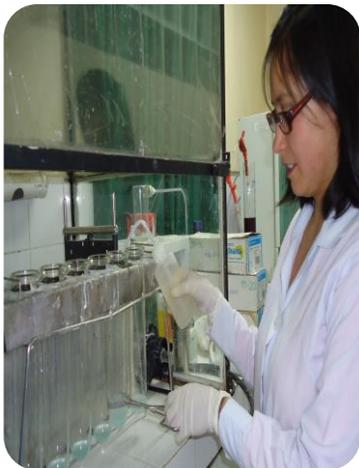
Determinación de la Actividad Microbiana – CO₂



Determinación del Nitrógeno mineral



Determinación del Nitrógeno total



Determinación de pH y Conductividad Eléctrica

