

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE LA ENTREGA DE NITRÓGENO INORGÁNICO A PARTIR
DE TRES MATERIALES UTILIZADOS EN AGRICULTURA ORGÁNICA**

ISLAINNE VIERA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

Santiago, Chile

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE LA ENTREGA DE NITRÓGENO INORGÁNICO A PARTIR
DE TRES MATERIALES UTILIZADOS EN AGRICULTURA ORGÁNICA.**

**EVALUATION OF THE INORGANIC NITROGEN DELIVERY OF THREE
MATERIALS USED IN ORGANIC AGRICULTURE**

ISLAINNE VIERA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

Santiago, Chile

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EVALUACIÓN DE LA ENTREGA DE NITRÓGENO INORGÁNICO A PARTIR
DE TRES MATERIALES UTILIZADOS EN AGRICULTURA ORGÁNICA.**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Agroindustria

ISLAINNE VIERA MARTÍNEZ VÁSQUEZ

	Calificaciones
Profesor Guía	
Julio Haberland Arellano Ingeniero Agrónomo. Ph.D	6,2
Oswaldo Salazar Guerrero Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Ph.D	6,4
Profesores Evaluadores	
María Teresa Varnero Moreno Químico Farmacéutica	5,9
Loreto Cánaves Soto Ingeniero Agrónomo M.Sc	5,0

Santiago, Chile

2012

ÍNDICE

ÍNDICE	0
RESUMEN	1
Palabras clave	1
ABSTRACT	2
<i>Key words</i>	2
INTRODUCCIÓN	3
Ciclo del nitrógeno	5
Mineralización del nitrógeno	6
Nitrificación del nitrógeno	6
Caracterización de fuentes nitrogenadas orgánicas utilizadas en agricultura orgánica	8
Hipótesis	9
Objetivo general	9
MATERIALES Y MÉTODO	10
Periodo de estudio	10
Lugar del estudio	10
Materiales	10
Método	11
Variables a medir	11
Tratamientos y diseño de experimentos	12
Cálculo de dosis a aplicar por tratamiento	13
Análisis estadístico	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Contenido de N en los materiales orgánicos al inicio del estudio	14
Contenidos de las formas nitrogenadas analizadas al inicio del estudio	15
Evolución del contenido de nitrógeno	16
Contenido de nitrógeno total	16
Contenido de nitrógeno disponible	18
Contenido de N-amoniacal	20

Contenido de N-nítrico	23
Disponibilidad v/s tiempos post aplicación	25
Análisis de dosis planteada	26
Análisis del sustrato utilizado y su influencia sobre los contenidos de N disponible obtenidos	29
Evaluación de costos	30
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO	
Registro de contenido de agua y temperatura	34
II. Serie de suelos	36

RESUMEN

La agricultura orgánica preserva la flora y fauna del suelo, este tipo de manejo agronómico se basa en la utilización de preparados naturales de origen vegetal y/o animal, los productos para nutrir los cultivos orgánicos son escasos y poco estudiados, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el nitrógeno inorgánico que pueden generar algunos materiales utilizados en agricultura orgánica.

La investigación realizada evaluó el contenido de N de tres materiales de enmienda fertilizante, utilizados en agricultura orgánica. Se evaluaron 3 productos, los cuales generaron tres tratamientos: sangre animal en polvo fino (T_2), sangre animal granulado (T_3) y compostaje de olivas (T_4), los materiales fueron aplicados en una dosis equivalente a 200 kg de N ha⁻¹. Los tratamientos fueron contrastados con un testigo (T_1) sin aplicación de fuentes nitrogenadas.

Los tratamientos fueron muestreados cada 30 días, y se obtuvieron los contenidos de N total, NH₄⁺ y NO₃⁻.

Los resultados obtenidos reflejaron que la dosis calculada de 200 kg de N ha⁻¹, no fue suficiente para suplir la demanda de N de un cultivo, por lo tanto, al seguir este plan de fertilización orgánica se generaría un déficit en el abastecimiento de N proyectado el consumo y suministro en la temporada.

Con respecto a las tendencias encontradas en la evolución de las formas nitrogenadas: para el contenido de N total T_3 y T_4 presentaron los valores más altos en las muestras colectadas a los 60 y 150 días, mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos. Para el contenido de N disponible (N-NO₃ + N-NH₄) los tratamientos T_1 y T_2 presentaron los valores significativamente más altos a los 60, 90 y 180 días, mientras que los tratamientos en base a sangre animal T_2 y T_3 mostraron los valores significativamente más altos a los 120 y 150 días.

Palabras clave: Contenido de Nitrógeno, Fertilización orgánica.

ABSTRACT

Organic agriculture protects the flora and fauna of the soil, this type of agricultural management is based on using natural preparations of plant and/or animal products to nourish organic farming are scarce and poorly studied, so that the objective of this study was to evaluate the inorganic nitrogen that can generate some materials used in organic agriculture.

The following research analyzed the Nitrogen (N) content available from three organic sources. The treatments were: animal blood fertilizer as thin powder (T₂), granulated animal blood fertilizer (T₃) and composted olive oil by products (T₄). For each treatment, a fertilization with a dose equivalent to 200 kg of N ha⁻¹ was carried out. Besides a blank (T₁) with no nitrogen source was also included.

Treatments were randomly assigned and soil samples were taken every 30 days. The soil samples were analyzed to obtain the total N content as well as the NH₄⁺ and NO₃⁻ content.

The result showed that the calculated dose of 200 kg of N ha⁻¹, was not enough to supplement the N demand of the crop, therefore, by following the organic fertilization plan, the N requirements of a crop could not be supplied.

In relation to the different nitrogenized forms: The content of Total N in T₃ and T₄ showed the highest values in the samples collected after 60 and 150 days respectively, showing significant differences with the rest of the treatments. In the case of available N (N-NO₃ + N-NH₄) the T₁ and T₂ treatments showed the highest values at 30 and 90 days, while the treatment with animal blood T₂ and T₃ showed the highest values at 120 and 150 days and again at 180 days, showing significant differences with the other treatments.

Key words Nitrogen content, Organic fertilization

INTRODUCCIÓN

En agricultura convencional se utilizan materiales sintéticos para suplir los requerimientos nutricionales de los cultivos y así aumentar el rendimiento. Durante los últimos años, tanto agricultores como consumidores, han mostrado una creciente preocupación por los efectos que podría tener la actividad agrícola convencional en las personas y en los recursos naturales, (Céspedes *et al.*, 2005). Debido a lo anterior, alrededor de los años 60 comenzó a desarrollarse en Europa la agricultura orgánica moderna, la cual se basa en la utilización de productos naturales para obtener mayores rendimientos y controlar insectos o enfermedades en las plantaciones.

Un cultivo o producción agrícola, puede realizarse bajo manejo convencional u orgánico, en relación con la nutrición nitrogenada bajo el primer concepto, los productores generalmente utilizan fertilizantes nitrogenados como la “urea”, sustancia sintética, cuya fórmula química es CO_2NH_4 , cuya principal ventaja, es ser la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%). Pese a que no posee amonio, ésta se hidroliza rápidamente por la enzima ureasa, la urea es transformada en carbonato de amonio, que posteriormente origina amonio, agua y bicarbonato, luego el amonio se nitrifica y todo el N de la urea queda disponible como nitrato (Silva, 2005).

La desventaja de la utilización de este fertilizante; es la acidificación de los suelos, debido a que los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan la concentración de iones H^+ , disminuyendo el pH adicionalmente existen posibles pérdidas por volatilización si se aplica en suelos alcalinos (Havlin *et al.*, 2005; Muerza, 2010).

Otra desventaja del uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, es que aportan nitratos que pueden ser lavados desde el suelo con la posible contaminación de los cuerpos de agua subterránea, también transformación de nitrato a óxido nitroso (N_2O) puede generar efectos negativos asociados al calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono estratosférica (Armstrong y Burt, 1993).

Con respecto al manejo orgánico, la fertilización se basa en entregar al suelo mayor contenido de nutrientes, mediante la aplicación de abonos orgánicos. Considerando que el elemento más demandado por las plantas es el N, en Chile el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2009) autoriza como fuentes nitrogenadas para incorporación al suelo el compost, el que se obtiene a partir de restos vegetales, excrementos de animales herbívoros y plantas muertas (Duarte, 2005). Otros tipos de compuestos autorizados por el SAG para fertilización orgánica son la sangre animal y el guano.

Una de las ventajas de la fertilización orgánica, que sugieren algunos estudios, es que se evitaría la contaminación de los suelos y aguas, permitiendo la preservación de los recursos, protegiendo la flora y fauna del suelo y preservando la calidad de los alimentos (Anónimo. sa. Fertilizantes Ecológicos). Sin embargo, otros autores señalan que

dependiendo de las condiciones edafoclimáticas pueden generar contaminación de cuerpos de agua por NO_3^- , cuando se realizan altas aplicaciones de enmiendas orgánicas (Bergstrom *et al.*, 2008).

Según la Norma Chilena de Producción Orgánica, la agricultura orgánica o también llamada, biológica u ecológica, se define como “Un sistema integral de producción agropecuaria basado en prácticas de manejo ecológico, cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y/o recuperación de los recursos naturales. Mientras la Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Orgánica (IFOAM) la define como “Todos los sistemas agrícolas que promueven la producción sana y segura de los alimentos y fibras textiles desde el punto de vista ambiental, social y económico” (Escobar, 2006).

La agricultura orgánica admite y preserva la biodiversidad, al mismo tiempo permite mantener la microflora y fauna del suelo, repercutiendo directamente en la materia orgánica presente en éste. El manejo de la fertilidad del suelo es un aspecto fundamental a considerar en un sistema orgánico, a diferencia de uno convencional, ya que éste no intenta suplir los requerimientos de nutrientes del cultivo con fertilizantes solubles, sino que busca construir fertilidad potencial y mantenerla en el largo plazo. En este caso el manejo de la nutrición del suelo se sustenta en la incorporación de cantidades importantes de materia orgánica, mediante restos de origen vegetal, que en lo posible sean desechos de la producción y que mejoren las características del suelo y a la vez reciclen los residuos de la producción del predio (Céspedes *et al.*, 2005).

En la actualidad, para la agricultura orgánica existen materiales fosforados y potásicos, a través de la utilización de rocas fosfóricas y los sulfatos de potasio, respectivamente. Sin embargo, no existe un producto comercial que solucione la entrega de N a través de un material que contenga altos niveles de N. En este sentido, los productos que se comercializan y utilizan hoy en la agricultura orgánica, deben ser aplicados en grandes cantidades, haciendo poco eficiente y rentable la producción.

Ciclo del nitrógeno

Como se ha señalado, en nutrición vegetal, uno de los elementos minerales esenciales que debe suministrarse en mayor cantidad es el N, ya que es constituyente de las proteínas, de la clorofila y de los ácidos nucleicos, entre otras sustancias. La absorción de este nutriente por las plantas es en forma de amonio (NH_4^+), o bien, en forma de nitrato (NO_3^-). Al fertilizar con una fuente nitrogenada orgánica, la primera reacción es aquella que transforma el nitrógeno orgánico a inorgánico, forma que es asimilable por las plantas, esto ocurre en la etapa de mineralización.

En la Figura 1, según Havlin *et al.* (2005) esta transformación aumenta con la temperatura, mejora con un adecuado, pero no excesivo contenido de agua en el suelo, y con un buen suministro de oxígeno. En el ciclo del nitrógeno, existen varias movilizaciones e inmobilizaciones; siendo la mineralización y nitrificación las reacciones más relevantes en el presente estudio.

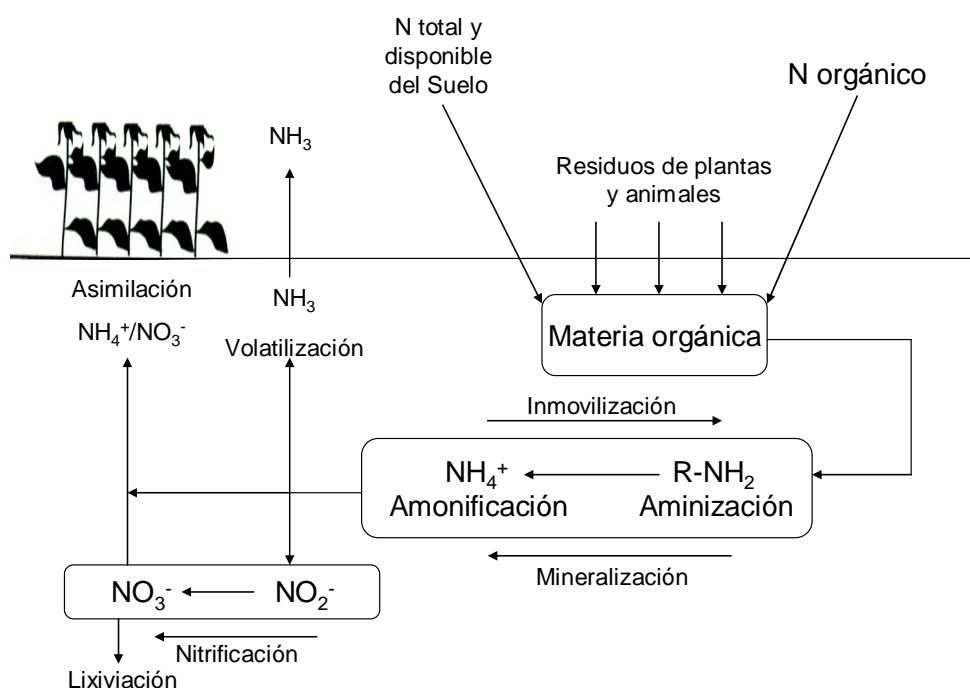
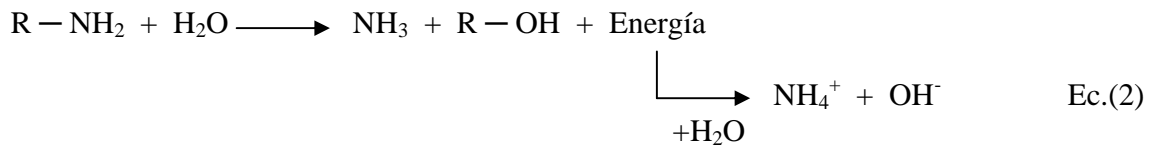
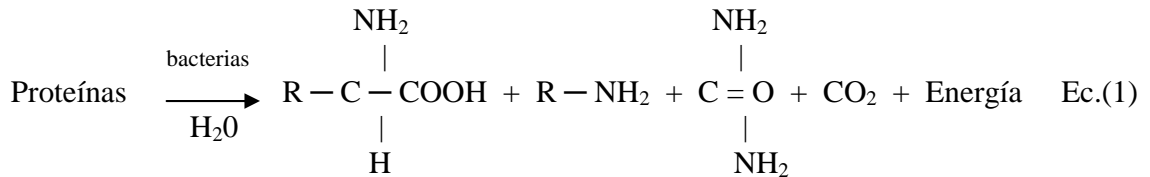


Figura 1. Ciclo del Nitrógeno (Havlin *et al.*, 2005).

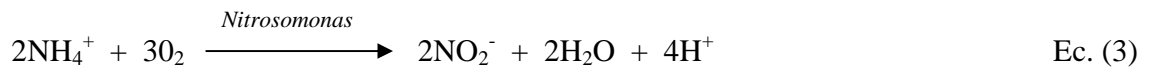
Mineralización del nitrógeno

En la etapa de mineralización ocurre la conversión del nitrógeno orgánico a amonio (NH_4^+), consta de dos reacciones; aminización (Ec.1) y amonificación (Ec.2). La reacción de aminización convierte las proteínas en aminas y aminoácidos, estos productos son transformados en nitrógeno inorgánico (NH_4^+) en la etapa de amonificación.



Nitrificación del nitrógeno

Durante la nitrificación parte del amonio transformado, que está presente en el suelo es convertido en nitrato (NO_3^-), reacción microbiana de oxidación, la que ocurre en dos etapas, en las cuales el NH_4^+ es transformado a nitrito (NO_2^-) y posteriormente a NO_3^- .



Las etapas anteriormente señaladas requieren oxígeno molecular. La reacción correspondiente a la ecuación 3 (Ec.3) libera iones hidrógeno (H^+), que acidifican el suelo, cuando los fertilizantes amoniacales y la mayor parte de los materiales orgánicos nitrogenados son convertidos a NO_3^- (Havlin *et al.*, 2005). Por lo tanto, la reiterada utilización de estos fertilizantes puede disminuir el pH del suelo.

Las bacterias nitrificantes son aquellas que oxidan el amonio a nitrito y luego a nitrato, estos organismos precisan de aireación, humedad y calcio adecuados, siendo la temperatura óptima de 37°C, en un rango de 5°C a 55°C (Gutierrez, 2003).

Los factores que afectan la nitrificación y que tienen directa relación con el presente estudio son los siguientes:

- Contenido de agua del suelo: las nitrobacterias son sensibles a un exceso de contenido de agua en el suelo más que a un déficit, donde estudios señalan que con un alto contenido de agua la tasa de nitrificación se ve severamente reducida (Videla *et al.*, 2005).
- Temperatura: Según Havlin *et al.* (2005), la reacción de nitrificación, es mayor y óptima entre rangos de temperatura entre 15 y 30°.

Características de fuentes nitrogenadas orgánicas utilizadas en agricultura orgánica

Dentro de las fuentes de origen vegetal y animal se mencionan las siguientes:

- **Guano de aves marinas:** Es el residuo o excremento de las aves marinas de las costas del pacífico, alcanza espesores de hasta 20 metros, debido a la acumulación durante siglos de estos excrementos. Este abono orgánico contiene entre un 5 y 14 % de nitrógeno (Duarte, 2005).
- **Cama de broiler:** Es una mezcla de excrementos semisólidos procedentes de gallinas, con o sin los materiales que se usan para cama en los gallineros, es un abono orgánico de composición heterogénea apreciado por su elevado contenido en elementos fertilizantes. Excesos en su aplicación puede generar problemas de salinidad en los suelos y modificaciones cuantitativas en la comunidad microbiana edáfica (Duarte, 2005). Contiene alrededor de 2% de contenido de N (Hirzel, 2004).
- **Estiércol compostado:** Corresponde a la mezcla de excrementos de animales y de materia vegetal (cama), con indicación de la especie animal de la que proviene. Uso sujeto a necesidad reconocida por el organismo de certificación o la autoridad competente (SAG, 2009).
- **Excrementos líquidos de animales:** Son productos utilizados tras una fermentación controlada o dilución adecuada. Se debe indicar la especie animal de la que proviene. Uso sujeto a necesidad reconocida por el organismo de certificación o la autoridad competente (SAG, 2009).
- **Compost:** Es la mezcla de restos vegetales y animales, en que se acelera el proceso de descomposición natural de los desechos orgánicos por una diversidad de microorganismos naturales o inoculados, en un medio húmedo, caliente y aireado, que genera materia orgánica de alta calidad fertilizante (Duarte, 2005).
- **Abonos vegetales:** Son aquellos residuos de cosecha o rastrojo, previamente fermentados, los cuales se pueden picar o incorporar directamente al suelo (Duarte, 2005).
- **Harina de sangre:** Subproducto de origen animal, corresponde a la deshidratación de la sangre animal, la cual es recogida en los mataderos y posteriormente es secada y pulverizada, tiene alto contenido de nitrógeno (SAG, 2009).

Debido a la necesidad de contar con una fuente de N orgánico eficiente y que entregue las cantidades requeridas por el cultivo, surge la idea de caracterizar algunos materiales orgánicos nitrogenados.

Hipótesis

Los materiales fertilizantes orgánicos entregan cantidades de nitrógeno suficientes para suplir los requerimientos de un cultivo.

Objetivo General

Evaluar el nitrógeno inorgánico que pueden generar algunos materiales utilizados en agricultura orgánica.

MATERIALES Y MÉTODO

Periodo de estudio

El montaje del experimento fue realizado en diciembre del 2009, y se extendió desde enero hasta junio del 2010, con un total de seis meses de evaluación.

Lugar del estudio

El ensayo fue realizado en los invernaderos de la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Se utilizaron macetas sin perforaciones, las cuales se llenaron con 2 kg de suelo de la Serie de Suelos Santiago clasificado como Entic Haploxerolls, de clase textural franco arenosa y con un contenido de materia orgánica en los primeros 30 cm del suelo que varía entre 1 y 3%. (CIREN, 1996). Más detalles de la Serie de Suelos Santiago se presentan en el Anexo II.

Las características de las fuentes nitrogenadas orgánicas evaluadas y utilizadas en este estudio fueron las siguientes:

1. **Producto 1:** Material nitrogenado para fertilización de cultivos orgánicos. Es un producto 100% natural, en forma de polvo fino, obtenido del secado por aspersión de sangre de animales, la información del fabricante señala un contenido de 14% de N total.
2. **Producto 2:** Material nitrogenado para la fertilización de cultivos orgánicos. Es un producto 100% natural, en forma granulada, obtenido del secado por aspersión de sangre animal. La información de fabricante señala un 14% de N total.
3. **Producto 3:** Material compostado proveniente del orujo de olivas, posterior a la extracción de su aceite. El contenido de N total de este producto se obtuvo con un análisis, el cual resultó ser de un 0,99 %.

Método

La metodología para todos los tratamientos, fue la misma incluyendo el procedimiento, variables a medir, diseño de experimentos y análisis estadístico.

La dosificación de N a las macetas de los distintos tratamientos se basó en el contenido de N medido inicialmente a cada material fertilizante en estudio.

Las macetas no tenían perforaciones, para evitar que existieran pérdidas por lixiviación, manteniendo un sistema cerrado. Además se dispuso una bolsa que contuviese el suelo.

El contenido de agua en cada maceta fue controlado a través del pesaje con una balanza, así la reposición del agua se realizó en función de diferenciales de peso ente dos mediciones, la reposición se realizó con agua destilada, para no adicionar N por ninguna vía excepto la de la fertilización inicial, adicionalmente se efectuó una evaluación de costos para la aplicación de los materiales nitrogenados en estudio.

VARIABLES A MEDIR

1. Durante el tiempo de investigación, y con una frecuencia mensual, se tomaron muestras de suelo de cada maceta para determinar el contenido de N total e inorgánico. La analítica utilizada se basó en la digestión de Kjeldahl, para el contenido de N total, y las formas de NH_4^+ y NO_3^- , a través de la extracción con cloruro de potasio, destilación de NH_3 y determinación por titulación (Sadzawka *et al.*, 2006).
2. Monitoreo de temperatura y contenido de agua del suelo: Se utilizaron tensiómetros marca Watermark, conectados a un datalogger para almacenar los datos, y medir el contenido de agua presente en cada unidad experimental, cada sensor fue instalado en una muestra al azar de cada tratamiento y un sensor de temperatura en una maceta testigo, todos estos sensores registraron los datos durante el período de estudio. El monitoreo se realizó cada una hora, durante los seis meses de estudio y se presentan las medias en el Anexo I.

Tratamientos y diseño de experimentos

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizó una serie de mediciones durante seis tiempos post aplicación. La unidad experimental corresponde a una maceta de 2 kg de suelo.

Los tratamientos evaluados en este estudio y la nomenclatura de cada uno de ellos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de tratamientos.

Producto	Tratamiento
Testigo	T ₁
Sangre Animal A	T ₂
Sangre Animal B	T ₃
Compost	T ₄

La aplicación de N a cada tratamiento se realizó en una dosis, calculada para todos los materiales fertilizantes equivalente a un suministro de 200 kg de N ha⁻¹, el testigo correspondió al suelo tamizado sin aporte adicional de N. Cada tratamiento se aplicó por separado y se homogeneizó con el suelo de la Serie Santiago. La cantidad de material aplicado a cada unidad experimental se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Materiales y % de N de tratamientos aplicados en macetas como fuente de N.

Tratamiento	Contenido de N (%)	Cantidad de producto aplicado (g/maceta)
T ₁	0,24	0
T ₂	16,9	1,18
T ₃	13,9	1,43
T ₄	0,99	20,2

Cálculo de dosis a aplicar por tratamiento

Se planteó una dosis objetivo, y se calculó la cantidad de material a aplicar a cada uno de los tratamientos (Cuadro 2). La ecuación utilizada para el cálculo fue:

Dosis objetivo: 200 Kg N ha⁻¹.

$$\text{Dosis Maceta} = \frac{\text{Dosis objetivo}}{\text{Volumen capa arable} * \text{ha-1}} * \text{Volumen maceta}$$

Posteriormente, se procedió a aplicar las dosis para cada uno de los tratamientos, por cada tratamiento se prepararon 18 unidades muestrales, para cubrir los 6 muestreos y las 3 repeticiones.

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de medidas repetidas en el tiempo, según Balzarini *et al.*, (2001), las medidas repetidas en el tiempo fueron analizadas siguiendo un análisis multivariado de perfiles (MANOVA), donde las respuestas observadas en cada momento de tiempo representan las variables de análisis. El análisis multivariado de medidas repetidas permite modelar las correlaciones existentes entre observaciones seriales.

Los resultados evaluados a través de un análisis multivariado de perfiles (MANOVA); consideraron los contenidos de las formas nitrogenadas (N total, NH₄⁺ y NO₃⁻) los que para cada tratamiento se evaluaron como un perfil completo, esto implica que cada tratamiento fue evaluado y comparado con cada uno, durante los 6 meses de estudio, para corroborar si existían diferencias entre ellos. Complementariamente se analizaron las diferencias entre los tratamientos mes a mes de estudio (tiempo 1, 2, 3, 4 ,5 y 6). Las comparaciones entre las medias analizadas fueron contrastadas con la prueba de Hotelling con un nivel de significancia del 5%.

El análisis estadístico fue realizado con el programa Infostat, versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se exponen los resultados, obtenidos de muestrear 3 unidades experimentales de cada tratamiento cada 30 días, durante un total de 6 meses. Todos los resultados se expresan en base a peso seco. Además se incorporan los registros obtenidos para los tratamientos al tiempo 0.

Contenido de N en los materiales orgánicos al inicio del estudio

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de N total realizado a cada material orgánico puro, antes de ser homogeneizado con el suelo de la Serie Santiago.

Cuadro 3. Contenidos de formas nitrogenadas al inicio del ensayo.

Tratamiento	Contenido N (%)			
	Total	Disponible	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
T ₁	0,24 a	0,0085 a	0,0029 a	0,0056 a
T ₂	16,9 d	0,0172 a	0,0046 a	0,0126 a
T ₃	13,9 c	0,02 a	0,0087 a	0,0113 a
T ₄	0,99 b	0,0867 a	0,0338 a	0,0529 a

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha \leq 0,05$)

Según Céspedes *et al.*, (2005) el contenido de N total que posee la harina de sangre animal es de 3,5%, lo obtenido en este estudio demuestra que T₂ y T₃ superan el porcentaje señalado por este autor. Sin embargo, otros autores señalan un valor de 14% de N total para este tipo de material orgánico (Silva y Rodríguez, 2005), lo que solamente sería superado por T₂.

Mientras que el contenido de N total para un preparado compost es de 1,83% a 2,45% (Céspedes *et al.*, 2005), el valor obtenido para el estudio fue 0,99% de N total, el que está por debajo de lo señalado en la literatura.

Como referencia el testigo T₁, presenta los niveles más bajos de contenido de N total, alcanzando 0,24%, que corresponde al valor del contenido de N del suelo sin fertilizar.

Todos los valores de N total obtenidos son sustantivamente inferiores al compararlos con un fertilizante convencional como lo es la urea (46% N total). Otra diferencia dice relación con la solubilidad y disponibilidad del N entregado por el material, es así que de la urea el 100% del N se degrada y queda disponible para las plantas, ya sea en forma amoniacal y posteriormente nítrica (Silva, 2005), lo que no es efectivo para los materiales fertilizantes orgánicos analizados en que el N se encuentra formando parte de compuestos orgánicos más complejos.

Como se puede inferir el N total no es un indicador adecuado para analizar la capacidad fertilizante de un producto y es el N disponible, con sus dos fracciones NO_3^- y NH_4^+ , el parámetro a considerar para definir fertilizaciones a lo menos en el corto plazo.

Contenidos de las distintas formas nitrogenadas analizadas al inicio del estudio

Al comparar los contenidos iniciales de distintas formas de N (Cuadro 3) de los distintos tratamientos, se encontró en el compost (T_4) los valores más altos de NO_3^- y NH_4^+ , en consecuencia de N disponible. Es importante recordar que las formas absorbidas por las plantas corresponden a NH_4^+ y NO_3^- , las que a su vez son las mismas utilizadas por los microorganismos del suelo (Gutierrez, 2003). Los cultivos no tienen preferencia por una forma definida de N en la solución suelo, donde los iones NH_4^+ y NO_3^- son absorbidos indistintamente por la mayor parte de los cultivos (Silva y Rodríguez, 2005).

Según se observa en el Cuadro 3, al comparar el contenido de N disponible del tratamiento 4 (compost de olivas) con los demás tratamientos, este posee un valor considerablemente más alto, pese a no existir diferencias estadísticas significativas. Dado el alto contenido de N disponible presente en el compost este se podría utilizar en la preparación de té de compost, que corresponde a un extracto acuoso de alta actividad biológica que se obtiene por una fermentación aeróbica del compost (Riegel, M. s.a.), y que es aplicado en forma directa o vía riego para fertilización.

Al analizar el contenido de N-amoniacal, los datos reflejan que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor contenido para esta forma de N lo entrega el T_4 , al igual que para el contenido de N disponible.

Los datos obtenidos para el contenido de N-nítrico, reflejan que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, al inicio del ensayo. Nuevamente T_4 posee el valor mayor para esta forma nitrogenada.

Evolución del contenido de nitrógeno

Posterior al análisis inicial realizado a cada uno de los tratamientos, se realizó mensualmente por los siguientes 6 meses, un análisis de cada forma nitrogenada (Contenido de N total, N disponible, contenido de NH_4^+ y contenido de NO_3^-).

Mensualmente se recolectaron 3 muestras de cada tratamiento y se obtuvieron los contenidos de cada forma nitrogenada. Para cada forma nitrogenada se presenta un cuadro con los valores mensuales, en que cada tratamiento fue evaluado como un perfil completo, entendiéndose por esto que se compara la evolución del material fertilizante sobre el período completo de 6 meses y esta comparación es la que se evalúa estadísticamente. Luego se presenta una Figura, en que se entrega la información mes a mes, de cada uno de los tratamientos, señalándose los tratamientos que se diferenciaron estadísticamente mes a mes. (Las diferencias significativas para los perfiles completos se presentan en la última columna).

Contenido de nitrógeno total

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los tratamientos evaluados como un perfil completo. Se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos T₁, T₂ y T₃, mientras que T₄ no presenta diferencias significativas con los tratamientos 2 y 3. Esto evidencia la aplicación de las sustancias fertilizantes.

Cuadro 4. Evolución del contenido de N total en 6 meses de estudio.

Tratamiento/Tiempos	Contenido de Nitrógeno Total (mg kg^{-1})						Resultado Estadístico
	1	2	3	4	5	6	
T ₁	1.667	1.733	1.700	1.533	1.533	1.433	a
T ₂	1.733	1.300	1.633	1.667	1.533	1.433	b
T ₃	1.833	1.400	1.433	1.733	1.700	1.567	c
T ₄	1.767	1.667	1.500	1.767	1.467	1.567	bc

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la Figura 2, se presenta el contenido de N total evaluado mes a mes de estudio, se observa que para los tiempos 1, 3, 4 y 6, no existen diferencias significativas entre los tratamientos, si existen diferencias en el tiempo 2; en el cual T₁ y T₄ sobresalen por sobre T₂ y T₃. Para el caso del quinto mes el tratamiento 3, de sangre animal B se destaca por sobre los otros tratamientos. Es importante señalar que el contenido de N total es el contenido que señalan las fichas técnicas de los fertilizantes que se comercializan, sin embargo esta forma nitrogenada no es reflejo del N asimilable por las plantas.

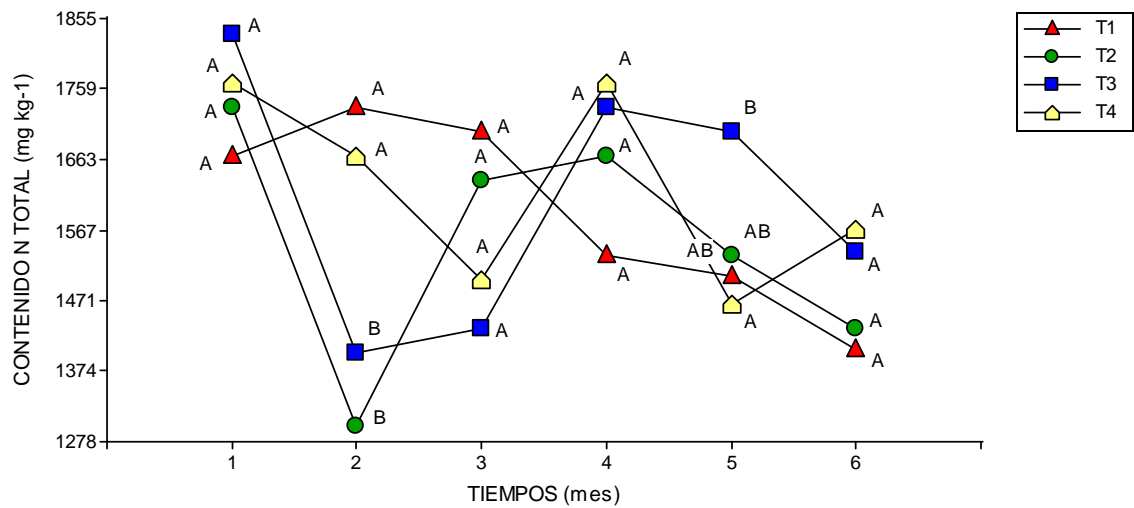


Figura 2. Evolución del contenido de N total de 4 materiales orgánicos.

Como se observa en el gráfico los contenidos de N total no presentan mayores variaciones. Lo que es esperable, ya que no se contempló cultivo que extrajera el N.

Contenido de nitrógeno disponible

Los resultados de los análisis realizados para obtener el contenido de N disponible ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) como perfil completo, durante los seis meses de evaluación se presentan en el Cuadro 6. Estos muestran que no existen diferencias significativas entre T₃ (sangre animal B) y T₄ (compost de olivas), pero si existen diferencias significativas entre estos tratamientos y los demás. El contenido de N disponible corresponde a la suma de las fracciones de N asimilable por los cultivos (Havlin *et al.*, 2005), y es el valor que debería entregarse en la información o ficha técnica del producto para calcular la dosis de producto requerida de acuerdo a la cantidad de N que se desea incorporar. La sangre animal A (T₂) es el que posee el mayor contenido de N disponible, evaluado como perfil en los seis meses de estudio.

Cuadro 5. Evolución del contenido de N disponible en 6 meses de estudio.

Contenido de Nitrógeno Disponible (mg kg^{-1})							
Tratamiento/Tiempos	1	2	3	4	5	6	Resultado Estadístico
T ₁	137	156	101	121	131	127	b
T ₂	139	166	126	177	172	141	a
T ₃	163	87	144	174	185	108	c
T ₄	148	72	117	129	155	69	c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la Figura 3, al analizar el contenido de N disponible, los tratamientos presentan diferencias en todos los tiempos excepto en el primer mes de estudio. El contenido de N disponible de los tratamientos evaluados no se diferenció en los distintos tratamientos durante los 30 primeros días de análisis, lo mismo ocurre con los contenidos de N-NH_4^+ y N-NO_3^- , por lo tanto se infiere que no se produjo ni amonificación ni mineralización a niveles relevantes de los componentes.

En el segundo mes entre T_2 y T_1 , no se diferenciaron entre sí, pero si existieron diferencias significativas con los demás tratamientos.

Durante el tercer mes de evaluación, los tratamientos T_3 y T_2 , ambos fertilizantes a base de sangre animal, se diferencian de los demás tratamientos, ya que presentan valores mayores que los demás, los valores también son mayores para los tiempos 4 y 5.

El testigo y T_2 , en el tiempo 6 de estudio, presentan valores mayores, diferenciándose de los demás tratamientos.

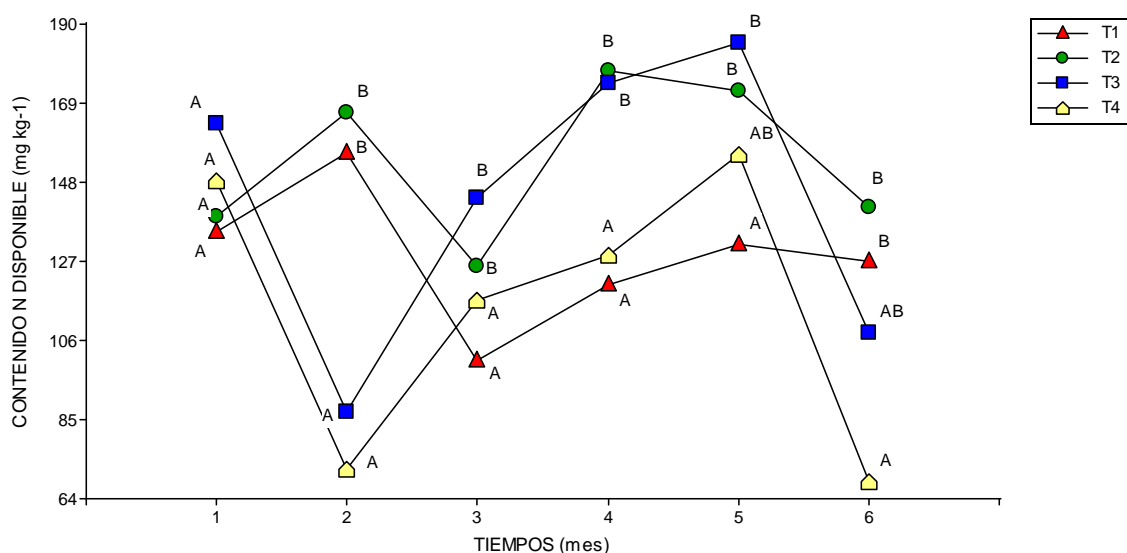


Figura 3. Evolución del contenido de N disponible en 4 materiales orgánicos.

Los tratamientos T_3 y T_4 presentaron una disminución en el contenido de N disponible en el Tiempo 2 del estudio, esto se debería a una inmovilización del nitrógeno que consiste en que el N inorgánico es transformado a N orgánico, volviendo a la reacción inicial (Havlin *et al.*, 2005). La misma reacción anterior se observó en los tratamientos 1 y 2 a los 90 días de estudio.

Contenido de N-amoniaco

En el Cuadro 6, se presentan los resultados obtenidos para el contenido de N-amoniaco durante el tiempo de ensayo, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para este tipo de forma nitrogenada.

Cuadro 6. Evolución del contenido de N-amoniaco en 6 meses de estudio.

Tratamiento/Tiempos	Contenido de N-amoniaco (mg kg ⁻¹)						Resultado Estadístico
	1	2	3	4	5	6	
T ₁	31	46	23	41	34	18	a
T ₂	30	45	27	34	25	18	a
T ₃	34	40	28	35	28	22	a
T ₄	31	42	26	30	58	26	a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la Figura 4, se observa que el contenido de N-amoniaco, durante los 30 primeros días de estudio no presenta mayores diferencias entre los tratamientos. Existe un aumento en el contenido de NH_4^+ , en el Tiempo 2 (a los 60 días), en un 49%, en el caso de T₁, el aumento para T₂ fue de 30%, en el caso de T₃ el aumento fue de 18% y en el tratamiento 4 el aumento es de 33%, todos los tratamientos presentan una disminución en el Tiempo 3, esto se presume que fue debido a la inmovilización por parte de los microorganismos del suelo que asimilaron el N, ya que después de una aplicación de materiales orgánicos al suelo se produce el proceso de inmovilización (Salazar, 2005).

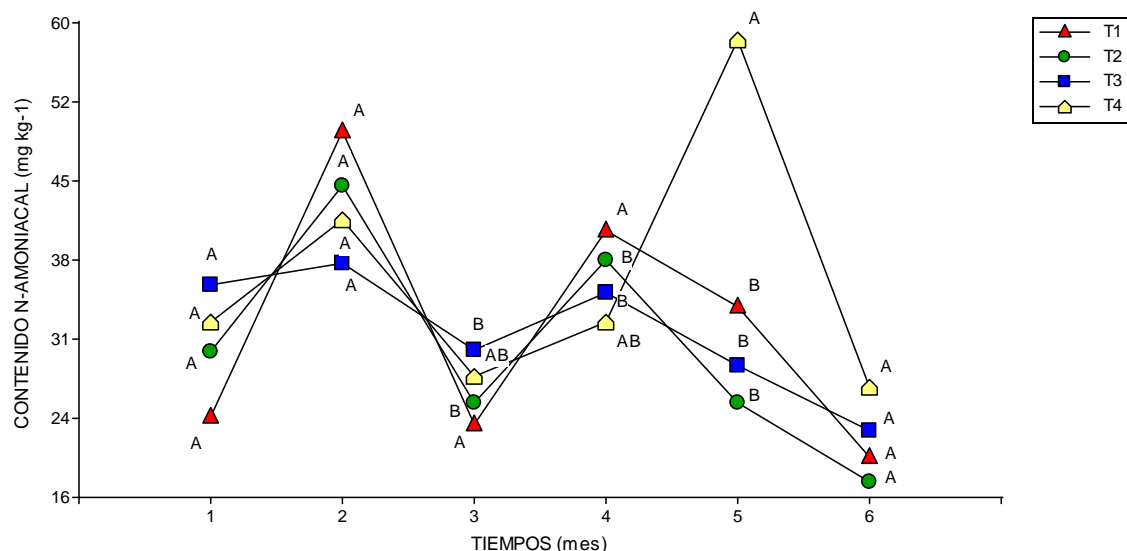


Figura 4. Evolución de N-amoniaco de 4 materiales orgánicos.

A los 60 días, en todos los tratamientos se observa un aumento en el contenido de N-amoniaco, esto se debería a que el sustrato aportó NH_4^+ al suelo, lo mismo se observa a los 150 días en T₄, está demostrado que la aplicación de residuos orgánicos incrementa la biomasa microbiana del suelo (Salazar, 2005), y estos microorganismos al terminar su ciclo mueren y entregan el N. A esto se atribuiría el aumento del contenido de N-amoniaco entre los 120 a los 150 días. Posteriormente a los 180 días se infiere que debe haber ocurrido un nuevo ciclo inmovilización de N, conocido como “hambre de nitrógeno”.

A los 120 días de estudio, nuevamente hay un aumento en el nivel de N-NO_4^+ en los tratamientos, lo que se explica debido a que los microorganismos deben haber liberado el N, dado el ciclo de liberación-asimilación, realizado por los microorganismos del suelo (Havlin *et al.*, 2005).

Al no existir un cultivo que extraiga y fije el N se suceden alternadamente ciclos de liberación e inmovilización de N.

La actividad metabólica edáfica, depende de las variaciones hídricas y térmicas que presentan el suelo, y sobretodo de la interacción de estos dos factores ambientales (Schaefer y Varnero, 1992). Las transformaciones microbianas que controlan la mineralización del nitrógeno, tienen evoluciones diferentes en el curso del tiempo e inducen a una mayor o menor producción de N en forma amoniacal o nítrica, dependiendo de igual forma, de la temperatura y el contenido hídrico del suelo, (MacDuff *et al.*, citado por Schaefer y Varnero, 1992).

El proceso de mineralización se realiza en tres etapas: aminización, proceso en el cual las proteínas se transforman en aminoácidos, amonificación, reacción en la que los aminoácidos se transforman en amonio, y nitrificación, proceso en el cual los amonios se transforman en nitritos y posteriormente en nitratos (Gutiérrez, 2003). Todas estas reacciones ocurren a través de complejos microbianos, los cuales controlan la mineralización del N. Estudios señalan que la multiplicación de flora amonificante crece hasta llegar a un equilibrio, en los primeros 7 días de incubación en laboratorio a 50°C tanto a capacidad de campo, como a 75% CDC, alcanzándose los mayores niveles de N-NH₄, durante la primera semana de incubación, luego esta producción tiende a decrecer, por lo que los niveles de nitrógeno amoniacal descenderían dentro de los 30 días de estudio (Schaefer y Varnero, 1992). Posterior a esa fecha de ensayo, los contenidos de amonio en el ensayo, aumentaron a partir de los 30 días, probablemente debido a nuevas entregas de amonio produciendo una segunda nitrificación, y así sucesivamente en el transcurso del ensayo. Es importante señalar que durante el ensayo se suministró agua en función de la pérdida por evaporación evaluada en base a la diferencia de peso existente entre una y otra medición de las macetas, la literatura señala que la mayor actividad de los microorganismos para que ocurra la amonificación, se manifiesta a 50°C a CDC, seguido de un valor de 75% CDC, para rangos de temperatura entre 10 y 30°C, tanto a CDC y 75% CDC, se liberan cantidades incipientes y similares. La temperatura no tiene mayor incidencia, tanto en la amonificación como la nitrificación cuando el nivel hídrico es de PMP, la amonificación se favorece dentro de los rangos tolerantes de temperatura, si se conjuga con niveles de CDC (Schaefer y Varnero, 1992). Este estudio, el contenido de agua en el suelo se mantuvieron sobre PMP y a 45% CDC (-11,25 bar).

Contenido de N-nítrico

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de N-nítrico obtenidos durante el tiempo de la evaluación, se observa que entre la sangre animal B (T₃) y el compostaje de olivas (T₄) no se presentan diferencias significativas, pero sí al comparar estos con el testigo y la sangre animal A.

Cuadro 7. Evolución del contenido de N-nítrico en 6 meses de estudio.

Tratamiento/Tiempos	Contenido de N-nítrico (mg kg ⁻¹)						Resultado Estadístico
	1	2	3	4	5	6	
T ₁	106	110	78	80	98	109	b
T ₂	109	122	99	143	147	124	b
T ₃	130	48	116	139	156	86	a
T ₄	117	30	90	98	97	42	a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En la Figura 5, se observa que el contenido de N-nítrico, en la primera medición (30 días), es mayor en T₄, sin existir diferencias significativas con los demás tratamientos. Sin embargo este contenido es fijado rápidamente, ya que a los 60 días de estudio disminuye a 30 mg kg⁻¹, esto se debería a la acción de los microorganismos del suelo que viven libremente, los que incluyen a numerosas especies de algas azul-verdosas y bacterias, algunas de ellas fotosintéticas “*Rhodospirillum*”, otras saprofitas anaerobias (“*Clostridium*”) y algunas de los géneros “*Azotobacter* y *Beijerinckia*”, que corresponden a saprofitas aerobias. Las cantidades de nitrógeno que son capaces de fijar alcanzan entre 20 a 45 kg ha⁻¹año⁻¹, siendo los valores más aceptados de alrededor de 6 kg ha⁻¹. El efecto de estos microorganismos que mejoran la nitrificación durante la estación de crecimiento de cultivo, es uno de los medios de asegurar rendimientos mayores en los cultivos (Havlin *et al.*, 2005).

Una vez que se absorbe el ión NO₃⁻ debe ser reducido a NH₄⁺, posteriormente es incorporado a aminas, aminoácidos y finalmente a proteínas (Silva y Rodríguez, 2005).

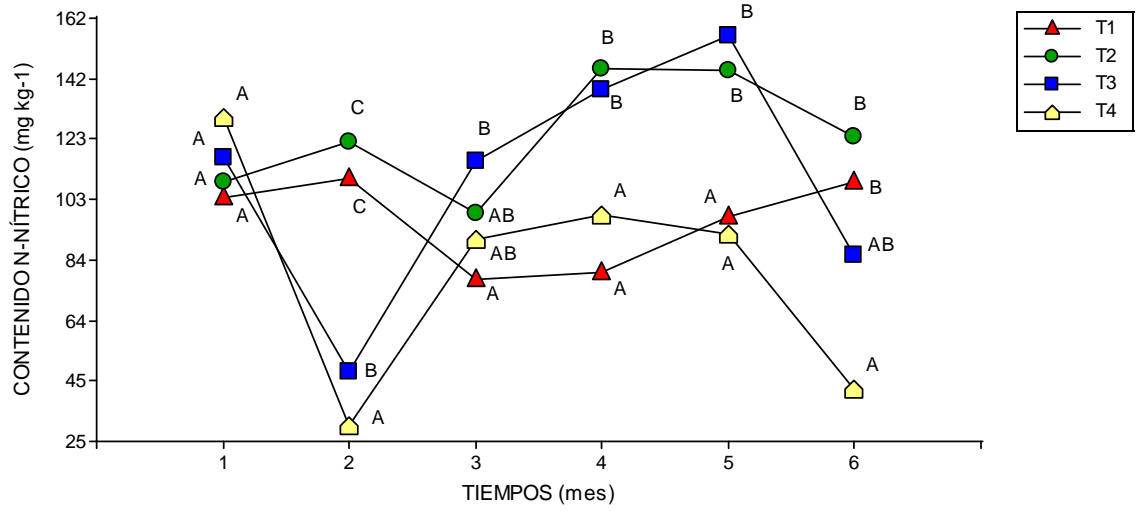


Figura 5. Evolución de contenido de N-nítrico de 4 materiales orgánicos.

Disponibilidad v/s tiempos post aplicación

En el Cuadro 8 se señala el contenido de N disponible y la media resultante de los seis meses de estudio.

Cuadro 8. Contenido y media del N disponible.

Tratamiento/Tiempos	Contenido de N disponible (mg kg ⁻¹)						Media del Contenido de N disponible	
	1	2	3	4	5	6	(mg kg ⁻¹)	(%)
T ₁	137	156	101	121	131	127	128,83	0,013
T ₂	139	166	126	177	172	141	153,50	0,015
T ₃	163	87	144	174	185	108	143,50	0,014
T ₄	148	72	117	129	155	69	115,00	0,012

Con la información presentada en el Cuadro 8, se obtuvo el porcentaje que corresponde a N asimilable, derivado del contenido de N total.

Cuadro 9. Porcentaje de N total y asimilable.

Tratamiento/Tiempos	(%)		
	Contenido N total inicial	Media Contenido N disponible	Contenido N Asimilable
T ₁	0,24	0,013	0
T ₂	16,9	0,015	0,09
T ₃	13,9	0,014	0,10
T ₄	0,99	0,012	1,16

Del cuadro anterior se observa que de los tratamientos evaluados, el compost de olivas (T₄) es el que mayor contenido de N asimilable entrega, sin corresponder a uno de los mayores contenidos de N total (%), al inicio del estudio. Los tratamientos T₂ y T₃ que tenían un mayor porcentaje de contenido de N total inicial, no superan el 0,1% de N asimilable.

Análisis de dosis planteada

Posterior a la determinación de cada forma nitrogenada, por tratamiento como perfil total y tiempo a tiempo, se procedió a la evaluación del contenido de N disponible, el cual es posible de ser asimilado por las plantas. Se transformaron estos valores a su contenido equivalente expresado en kg ha^{-1} , para saber si los tratamientos cumplieron el supuesto planteado en la hipótesis.

En el Cuadro 10, se observa que la mayoría de los tratamientos suple el requerimiento de $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$ que fue presentado como dosis inicial en el estudio, los únicos valores por debajo de este supuesto se presentan en el tratamiento 3, a los 60 días post aplicación del producto el cual se encontraba un 12% por debajo del requerimiento y en el tratamiento 4, a los 60 y 180 días de estudio con 28 y 31% bajo el requerimiento respectivamente.

Cuadro 10. Contenido de N disponible bruto por tratamiento.

Contenido de N disponible (kg ha-1)						
Tratamiento/Tiempos	1	2	3	4	5	6
T ₁	273	311	201	241	263	254
T ₂	277	333	251	355	344	283
T ₃	327	175	288	348	369	216
T ₄	297	144	233	257	310	137

En el Cuadro 11, se presentan los requerimientos de N (en kg ha⁻¹) de algunos cultivos como arroz, trigo y maíz, entre otros y la extracción por parte del cultivo para llegar a rendimientos entre comerciales. Al evaluar la disponibilidad de N y compararla con la demanda extractiva de diversos cultivos, se observa que todos los tratamientos son capaces de suplir la demanda salvo para maíz y soya. Los cultivos de arroz y girasol se sustentarían con los tratamientos evaluados, sin embargo el cultivo de trigo no podría suplir sus requerimientos si se utilizara el tratamiento 4.

Cuadro 11. Requerimientos nutricionales y extracción de N por los cultivos.

Cultivo	Rendimiento (kg ha-1)	kg N ha-1			Contenido N disponible por tratamiento (kg ha-1)			
		Necesidad (N)	Extracción (R)	TOTAL (N+R)	T1	T2	T3	T4
					257,17	307,17	287,17	229,67
Trigo	5.000	150	99	249	8,17	58,17	38,17	-19,33
Arroz	6.000	133	88	221	36,17	86,17	66,17	8,67
Maíz	9.000	198	131	329	-71,84	-21,83	-41,83	-99,33
Soya	4.000	320	240	560	-302,83	-252,83	-272,83	-330,33
Girasol	3.500	140	84	224	33,17	83,17	63,17	5,67

Fuente: Andrade *et al.* (1996).

En la Figura 6, se observa gráficamente que todos los tratamientos suplen el requerimiento planteado en el ensayo, ya que el contenido de N disponible se encuentra por sobre los 200 kg de N ha⁻¹, a excepción del tratamiento 3, a los 60 días de estudio, y el tratamiento 4, para los 60 y 180 días de análisis

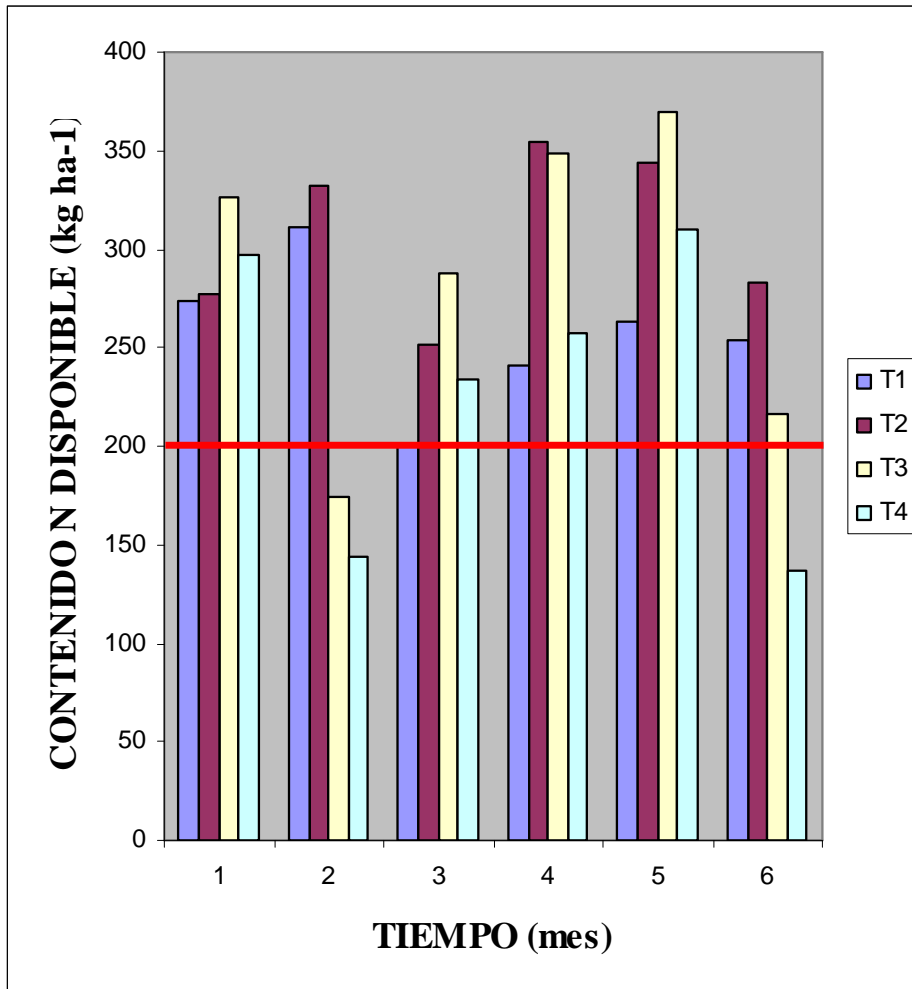


Figura 6. Contenido de N disponible bruto en los 180 días de estudio (kg ha⁻¹).

Análisis del sustrato utilizado y su influencia sobre los contenidos de N disponible obtenidos

A modo de cuantificar el contenido real de N disponible aportado por cada tratamiento, se descontó del contenido de N disponible el contenido entregado por el testigo, ya que fue el mismo suelo utilizado para todos los tratamientos, así se pudo estimar la entrega neta de cada uno de los materiales en estudio.

En el Cuadro 12 se presentan los valores obtenidos para los dos tratamientos de sangre animal, y el tratamiento de compost de olivas, al descontar el valor obtenido por el tratamiento 1 (testigo). Se observa que ninguno de los tratamientos aporta más de 200 kg de N ha⁻¹, es importante mencionar que el ensayo no contempló cultivo que extrajera N, por lo que se infiere que la dosis que se calculó y el aporte de los materiales en estudio, no estarían aportando N disponible en la cantidad suficiente al suelo.

Cuadro 12. Contenido de N disponible real por tratamiento.

Tratamiento/Tiempos	Contenido de N disponible (kg ha-1)					
	1	2	3	4	5	6
T ₂	4	21	50	113	81	29
T ₃	53	-137	86	107	107	-38
T ₄	23	-167	32	16	47	-117

Si se toma en cuenta este factor, la resultante de cultivo y fertilización N orgánica, como fue planteada, se traduciría en un empobrecimiento del contenido de N a nivel de suelo. Es por esto que se requiere que los materiales fertilizantes entreguen como información no sólo el contenido porcentual de N total, sino que de N disponible.

Evaluación de Costos

En el Cuadro 13, se presenta el análisis económico de los productos utilizados y las cantidades que deberían aplicarse para lograr una dosis de 200 kg N ha⁻¹ de N disponible además los precios por kilo de producto, y el costo resultante por producto. A este costo debe adicionarse el costo de aplicación y transporte por hectárea, los que serán sustantivamente mayores, al compararlos con los costos de un fertilizante sintético como la urea, dados los altos volúmenes de producto orgánico a aplicar.

Todos los tratamientos (T₂, T₃ y T₄) presentan una diferencia económica importante, en comparación a la urea, ya que este fertilizante es económico y a la vez entrega cantidades de N altas (46%), el cual es 100% asimilable, a diferencia de los materiales estudiados, que no son asimilables en un 100%.

Cuadro 13. Evaluación de costos de los tratamientos estudiados.

Producto	Tratamiento	Contenido de N (%)	Total a aplicar (kg N ha ⁻¹)	Precio (\$) kg ⁻¹	Costo del producto sin aplicación (\$) ha ⁻¹)
Testigo	T ₁	0,24	83.333	No aplica	No aplica
Sangre Animal A	T ₂	16,9	1.183	715	846.152
Sangre Animal B	T ₃	13,9	1.438	1.020	1.467.617
Compost	T ₄	0,9	20.202	20	404.040
Urea	No aplica	46	435	240	104.347

Al estimar el aporte porcentual de N disponible en relación a N total que aporta cada material fertilizante orgánico se aprecia que la tasa de conversión fluctúa entre 0,09 y 1,16% (datos presentados en el Cuadro 8), muy inferior al 100% de la urea.

CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el ensayo, se puede concluir que:

El contenido de N disponible;

- No presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, (sin mezclarlo con el sustrato).
- Existen diferencias significativas, siendo el tratamiento de sangre animal T₂ el que posee una media mayor (154 mg kg⁻¹), seguido por el testigo, no existen diferencias entre T₃ y T₄; con valores de 144 y 155 mg kg⁻¹, respectivamente.

La información que debiesen entregar las fichas técnicas de los fertilizantes, para mayor utilidad y cálculo correcto de dosis, debe ser el contenido de N disponible, y no solamente el contenido de N total.

La entrega de N inorgánico de los fertilizantes orgánicos nitrogenados evaluados se traducen en aportes de nitrógeno menores a 200 kg ha⁻¹, por lo tanto, para lograr satisfacer los requerimientos de un cultivo deberá adicionarse mayor cantidad del fertilizante.

El costo resultante de la fertilización con productos orgánicos nitrogenados hace extremadamente caro su uso dados los volúmenes a aplicar y el costo del producto, la excepción puede estar dada por el compost de olivas, de ser producido en el mismo predio que será aplicado.

El contenido de N total;

- Existen diferencias significativas al inicio del estudio, ya que T₂ fue el mayor entre todos los tratamientos evaluados (16,9%) sin embargo, al final del ensayo de ese contenido inicial de N total solamente el 0,1% corresponde a N disponible (forma asimilable por las plantas), el mayor porcentaje de contenido de N asimilable lo obtuvo el tratamiento 4 (1,16%), pese a que este mismo tratamiento obtuvo el menor contenido de N total inicial evaluado al inicio del estudio (0,99%), lo que permite concluir que es más importante informar en una etiqueta de material fertilizante el contenido de N disponible.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, E. Silva, P., y Silva, H., 2000. Manual de estudio y ejercicios. 2º Edición. Universidad de Chile, Laboratorio Suelo – Agua – Planta. Santiago, Chile. 58 p.

Andrade, F., Echeverría, H., Gonzalez, N., Uhart, S., y Darwich, N. 1996. Requerimientos de nitrógeno y fosforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 134. EEA INTA Belcarce, Argentina.

Armstrong, AC and Burt, TP. 1993. Nitrate losses from agricultural land. En Burt, T. P., et al. Nitrate, processes, pattern and management: 239- 267. John Wiley & Sons. Chichester.

Anónimo. Sin año. Ventajas de la agricultura ecológica. Guía Agricultura Ecológica. Disponible en: <http://www.pixelmec.com/alimentosorganicos/Agriculturaecologica/Ventajas-de-la-agricultura-ecologica.htm>. Leído el 16 de noviembre de 2009.

Balzarini M.G; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.A.; Gonzalez, L.A.; Robledo, C.W.; y Tablada, E.M. 2001. InfoStat, versión 1. Manual del Usuario. Primera edición. Ed. Triunfar pp. 231. ISBN: 987-43-4509-8.

Bergstrom, L., Kirchmann, H., Aronsson, H., Torstensson, G., and Mattsson, L. 2008. Use Efficiency and Leaching of Nutrients in Organic and Conventional Cropping Systems in Sweden. 143-159 p. Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences. The Netherlands.

Céspedes, C., Ovalle, C., y Hirzel, J., 2005. Agricultura Orgánica, Principios y Prácticas de Producción. pp.25-53. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. Chillán, Chile. 130p.

CIREN-CHILE. 1996. Estudio agrológico de la Región Metropolitana. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).Publicación N° 115. 425p.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.;Gonzales, L.; Tablada, E.; y Robledo, C. (2011). InfoStat, versión 2011. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Duarte, M. 2005. Perspectiva de la producción orgánica de hortalizas en el municipio de Imuris, Sonora. Licenciada en Agronegocios, Universidad de Sonora, División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias. Sonora, México. Disponible en: <http://tesis1-mary.blogspot.com>. Leído el 16 noviembre de 2009.

Escobar, P. 2006. Producción Orgánica de kiwis en Nueva Zelanda. Revista Frutícola 27(3):93-100.

Gutierrez, T. 2003. Factores de la producción agrícola. 3° edición. Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile. 457 pp.

Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., Nelson, y W. 2005. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 7° edición. The Macmillan Co. Montaner y Simón. Barcelona, España. 757 p.

Hirzel, J., y Rodríguez, N. Fertilización con guano broiler. Revista Tierra Adentro. Marzo-Abril. 36-37.

Muerza, A. 2010. Fertilizantes Ecológicos. Autosuficiencia económica. Disponible en: <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=821>. Leído el 16 de noviembre de 2009.

Riegel, M. sa. Té de compost, una nueva herramienta para revitalizar el potencial biológico del suelo. Disponible en: <http://www.reboreda.es/Documentos/Informe%20T%C3%A9%20de%20compost.pdf>. Leído el 6 de diciembre de 2011.

Sadzawka R., A., M.A. Carrasco R., R. Grez Z., M.L. Mora G., H. Flores P. y A. Neaman. 2006. Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. pp. 145-153. Revisión 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA N° 34, Santiago, Chile, 164p.

SAG, 2009. Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos Agrícolas. Chile, 86-89 p. 2° Edición. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile. 116 p.

Salazar, F. 2005. Residuos orgánicos y contaminación. Revista Tierra Adentro. Enero-Febrero. 1-3.

Schaefer, R., y Varnero, M. 1992. Amonificación y Nitrificación en relación con la temperatura y la humedad del suelo. Investigación Agrícola (CHILE) Volumen 12, n° 1 y 2: 19-26.

Silva, H., y Rodríguez, J. 2005. Fertilización de Plantaciones Frutales. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Colección en Agricultura. 519 pp.

Videla, X., Parada, A., Nario, A., Pino, I., y Hood, R. 2005. Efecto del contenido de agua en la mineralización bruta e inmovilización de nitrógeno. Agricultura técnica 65 (1): 74-78.

ANEXO

Anexo I

Registro de contenido de agua y temperatura

En la Figura 7, se observa la media del contenido de agua de las macetas evaluadas y la temperatura media, las cuales se monitorearon durante los 6 meses de ensayo.

Con respecto al contenido de agua en el suelo de las macetas, el potencial mátrico (Ψ_m), se debe entender como números negativos, para efecto visual del gráfico estos números se presentan positivos. Se observa que el contenido de agua del suelo se mantuvo entre capacidad de campo (CDC) y punto de marchitez permanente (PMP), en los meses de invierno (tiempos 3 y 4) se presentan los valores más cercanos a PMP en los cuales se presentan los resultados más bajos de contenido de agua, ya que en esos meses se aplicó agua de riego con menor frecuencia (meses de marzo y abril), durante los demás meses el potencial mátrico se mantuvo cercano al 45% CDC. Según Acevedo *et al.* (2000), los valores de PMP corresponden a -15 bar, y los valores de CDC a -0,33 bar.

Los datos observados del monitoreo de la temperatura señalan que fue disminuyendo a medida que avanzó el estudio, al comienzo durante el mes de diciembre 2009 (mes 1), las temperaturas medias registradas en las macetas, durante los meses de verano (aproximadamente una media de 23°C), hasta junio de 2010 (mes 6), con temperaturas bajo los 15 grados.

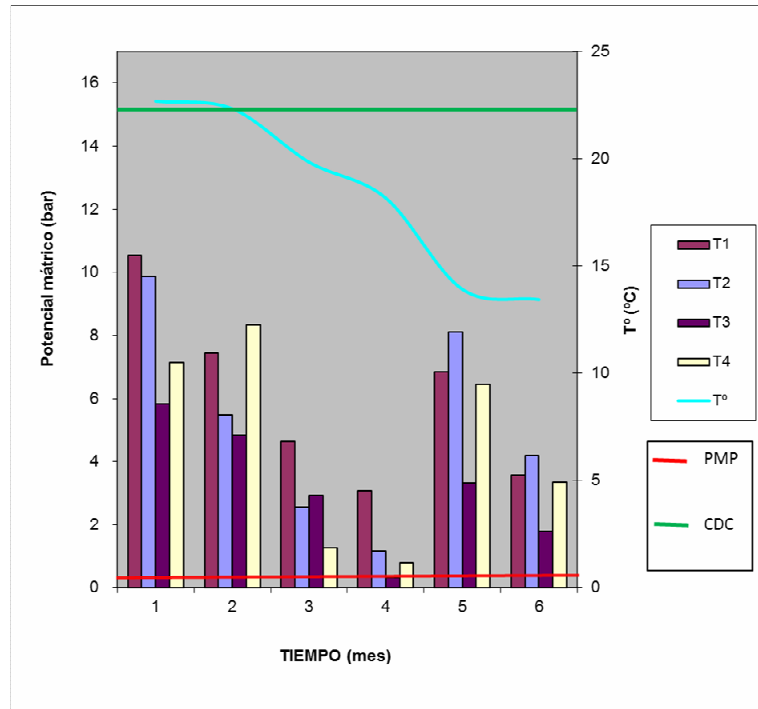


Figura 7. Potencial mátrico y temperatura.

Anexo II

Caracterización General

La Serie Santiago es un miembro de la Familia franca gruesa sobre arenosa esqueletal, mixta, térmica de los Entic Haploxerolls (Mollisol).

Suelos de origen aluvial, ligeramente profundos que se presentan en una topografía plana, con o sin microrelieve, en una posición de un gran cono aluvial que se extiende por decenas de kilómetros en ambos márgenes del río Maipo. El horizonte A_p es de color pardo oscuro en el matiz 10YR ó 7.5YR; textura franco arenosa fina y estructura de bloques subangulares finos, débiles. El horizonte B es de color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; textura franco arenosa y estructura de bloques subangulares finos, débiles. El horizonte C_1 es de color pardo oscuro en el matiz 7.5YR y pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR; textura franco arenosa; estructura de bloques subangulares medios y gruesos, débiles. El horizonte C_2 corresponde a un substrato de gravas y piedras con una matriz arenosa escasa (10 a 20%) donde penetran las raíces hasta los 100 cm aproximadamente.

Características Físicas y Morfológicas del Pedón

Profundidad (cm)

0 - 15 A_p	Pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arenosa fina; no plástico y ligeramente adhesivo; friable; estructura de bloques subangulares finos, débiles y 20% de granular fina, débil. Raíces finas y medias abundantes; poros finos y medios abundantes. Límite lineal, claro.
15 - 35 B	Pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo; franco arenosa; no plástico y ligeramente adhesivo; muy friable; estructura de bloques subangulares finos, débiles y algo de granular fina, débil. Raíces finas abundantes; poros finos y medios abundantes. Gravitas finas aisladas de 1 a 2 cm de diámetro. Límite ondulado, abrupto.
35 - 70 IIC_1	finas abundantes; poros finos y medios abundantes. Gravitas finas aisladas de 1 a 2 cm de diámetro. Límite ondulado, abrupto. Pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo con 20 a 40% de pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo; franco arenosa; no plástico y no adhesivo; muy friable; estructura de bloques subangulares medios y gruesos, débiles. Raíces finas y medias comunes; poros finos y medios abundantes. Con gravitas medias y finas que representan entre 40 y 60% en volumen. Algunas piedras aisladas. Límite lineal, abrupto.

70 - 120 y más IIc ₂	Substrato de gravas y piedras con 10 a 20% de matriz franco arenosa (7.5YR 4/4) en húmedo; suelto. Raíces penetran hasta 100 m.
------------------------------------	---

Observaciones

Violenta reacción al ácido clorhídrico en los primeros 15 cm, en profundidad se hace moderada hasta los 70 cm y ligera en el substrato, existiendo sectores de este último sin reacción.

Rango de Variaciones

La profundidad efectiva del suelo varía de 30 a 73 cm. La temperatura media anual del suelo se estima que varía entre 15 y 16° C. El suelo es de buen drenaje y sólo ocasionalmente se presentan sectores de drenaje moderado.

El horizonte A_p presenta colores que van de pardo muy oscuro en el matiz 10YR a estos mismos colores en el matiz 7.5YR, los cromas varían de 2.5 a 3 y los valores son 3; la textura es franco arenosa fina y franco arenosa; estructura de bloques subangulares, débiles con un contenido variable de estructura granular.

El horizonte B varía en color dentro de rangos similares a los enunciados para el A_p; las texturas son franco arenosa a franco arenosa fina, ocasionalmente muy fina; estructura de bloques subangulares finos, débiles con algo de granular fina; las gravas finas pueden ser comunes.

El horizonte C₁ es de color pardo oscuro en el matiz 7.5YR, fluctuando los cromas de 2 a 2.5 y los valores de 3 a 4; presenta como color ocasional un pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR 3/3 ó 3/4; predominan las estructuras de bloques subangulares, débiles que pueden ser medios o gruesos o una mezcla de ambos.

El substrato de gravas y piedras presenta una matriz franco arenosa en proporción variable de 10 a 35%; es de color pardo amarillento oscuro en el matiz 7.5YR; suelto y las raíces penetran con facilidad hasta los 80 ó 90 cm.

Ubicación

La Serie se describió en la ortofoto N°19841, San Bernardo, a 6.288,8 Km Lat. UTM y a 337,0 Km Long. UTM.