



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas  
Departamento de Química Inorgánica y Analítica  
Laboratorio de Química y Bioquímica de Suelos**

**“EFECTOS DEL MANEJO TRADICIONAL Y CERO-  
LABRANZA EN LA MATERIA ORGÁNICA DE  
SUELOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN  
METROPOLITANA “**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE QUÍMICO**

**JUAN PABLO GARCIA ARRIAGADA**

**PROFESOR PATROCINANTE:  
Gilda Valeria Borie Biagini**

**DIRECTOR DE TESIS:  
Gilda Valeria Borie Biagini**

**SANTIAGO-CHILE**

**2007**

*A mi familia, especialmente a mis padres,  
por su incondicional apoyo y amor..*

*Agradecimientos a la profesora Gilda Borie,  
por su enorme apoyo y guía en esta tesis..*

**Se agradece a Fondecyt por el apoyo económico otorgado por  
el proyecto N° 1060372 que hizo posible el desarrollo de esta  
Tesis.**

## **RESUMEN**

La materia orgánica del suelo (MOS) es un constituyente esencial del sistema edáfico, ya que por su constitución y propiedades, es la responsable de la mayoría de los procesos fisicoquímicos y biológicos del suelo. Sin embargo, el daño causado a los suelos debido a la sobreexplotación, malos manejos y prácticas agrícolas inadecuadas a llevado a la pérdida de su materia orgánica, a la disminución de la biomasa microbiana, y por consiguiente a una baja disponibilidad de nutrientes y fuentes de carbono disponible.

En nuestro país, durante los últimos años, se ha incrementado el uso del sistema conservacionista de suelos, conocido como “cero labranza”. Los aportes de mayor relevancia de este tipo de manejo agrícola se basan en la recuperación y mantención de los niveles de materia orgánica en los suelos, especialmente en el estrato superficial. Bajo esta condición, mejora la estructura de los suelos de forma significativa; aumenta la capacidad de retención de agua, se produce una mejor aireación y subsecuentemente una regulación más eficaz de la temperatura en la zona rizosférica. Este aumento de la MOS, junto a su adecuado reciclaje, implica un importante aporte energético y nutricional para los microorganismos del suelo. Dependiendo del tipo de suelo, con el manejo conservacionista se consigue una mayor concentración de macro y micronutrientes en el estrato superficial, y se logra una mayor eficiencia en la utilización de ellos.

En Chile, se han reportado variados casos de éxito en la utilización de la “cero labranza” como manejo agronómico para distintos tipos de suelo, al mantener la práctica por varios años.

El presente trabajo muestra, de forma comparativa, el ciclo del carbono y el nitrógeno en suelos bajo el sistema de “cero labranza” versus la “labranza tradicional”. Los suelos muestreados en perfiles de 0-2cm y 0-5 cm de profundidad corresponden a un Mollisol de la zona central de nuestro país, que ha estado bajo el sistema de cero-labranza por 6 y 10 años.

Se hizo un estudio completo de la materia orgánica, sus fracciones estables y lábiles y de las formas de nitrógeno asociado a la materia orgánica así como las formas inorgánicas: nitratos y amonio.

Los niveles de carbono y nitrógeno totales mostraron un aumento para los suelos bajo el sistema conservacionista “cero-labranza”. El “pool labil” de la materia orgánica, evaluado como hidratos de carbono, presentó también una variación positiva para ambas profundidades de suelo estudiadas, lo que refleja una mejor condición física de los mismos en cuanto a agregación y permeabilidad. El uso de la “cero labranza” también produjo una mejora en cuanto a la capacidad de retención de agua, aunque los suelos sometidos a este tratamiento por 6 años presentan resultados mejores que los tratados por 10 años.

La “cero-labranza” es una herramienta adecuada para la preservación del recurso suelo, ya que por medio de la incorporación de residuos de cosecha se mejoran los niveles de nutrientes y las propiedades físicas de éste. Sin embargo, en este trabajo, los suelos de la Región Metropolitana con 10 años de cero-labranza presentaron problemas de infiltración de agua. Debido a la posibilidad de situaciones de ésta naturaleza es recomendable un estudio precedente mas acabado del suelo a tratar, para así poder estimar los efectos de la cero labranza al largo plazo.

## **SUMMARY**

Soil organic matter (SOM) is an essential constituent of the edaphic system and is responsible for most of the physical, chemical and biological processes in soil because of its structure and its properties. Soil overexploitation, wrong practices, and inadequate agricultural techniques have led to loss of its organic matter and a decrease in its microbial biomass, thus decreasing the available nutrients and carbon source.

In Chile, conservative agriculture—known as zero tillage—has increased in the last decades. The most relevant gains of such agricultural system lie in an efficient recovery and maintenance of adequate SOM levels, mostly at surface strata. The structure of soils improves significantly, exhibiting a higher water retention ability, better aeration, and consequently, a more efficient regulation of temperature in the rhizospheric region. SOM increase and its suitable recycling involve important energy and nutritional gains for soil organisms. Depending on the type of soil, conservative agriculture permits better concentration of macro and micronutrients at surface strata, and a greater efficiency of their use.

In Chile, according to many reports, the continued use of zero tillage has been successful in different kinds of soils.

The current study shows, on a comparative basis, the carbon and the nitrogen cycles, using zero tillage vs traditional agriculture. The sampling soils of 0,2 cm and 0,5 cm depth correspond to Mollisol soils of the central region of Chile and have been subjected to zero tillage for 6 and 10 years.

A complete SOM study was done of its stable and labile fractions; also of the nitrogen forms associated with organic matter and inorganic forms such as nitrates and ammonium.

Total carbon and nitrogen levels increased in zero tillage soils. The labile pool of SOM, evaluated as carbohydrates, also showed a positive increase for both depths, which reflects better aggregation and permeability. The use of zero tillage also caused

a gain in water retention ability; soils treated during 6 years yielded better results than those treated during 10 years.

Zero tillage is an adequate technique to preserve soil; the addition of organic wastes improves nutrient levels and physical properties. However, since water infiltration problems occurred in 10-year treated soils, a deeper knowledge of each kind of soil is recommended to determine the effect of zero tillage in the long range.

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre los principales intereses mundiales, se encuentra hoy el resguardo y recuperación de nuestros principales recursos naturales, de entre los cuales es fundamental el suelo. La situación de los suelos, muchas veces mal utilizados y sobre explotados, ha generado cada día mayor preocupación y conciencia en la importancia de la conservación de este fundamental recurso.

El suelo, según la definición de la “Soil Science Society”, es un sistema complejo constituido por una fracción inorgánica, formada por los minerales de los suelos, y por una fracción orgánica, integrada por residuos animales y vegetales en distintos grados de descomposición, por una considerable población de microorganismos que viven en el suelo y por productos elaborados por ellos <sup>(1)</sup>.

La fracción inorgánica esta constituida básicamente por minerales de arcilla con algunas partículas pequeñas de otros minerales. Los minerales de arcilla son silicatos laminares, cuya organización estructural es variable. Otros minerales del suelo que cabe mencionar son aquellos formados por carbonatos y sulfatos, los cuales se encuentran en exceso en suelos bajo condiciones áridas <sup>(2)</sup>.

Dentro de la fracción orgánica del suelo se encuentra lo que se denomina la materia orgánica biótica o “biomasa”, constituida por todos los microorganismos presentes en el suelo. La biomasa presenta una intensa actividad de síntesis y degradación de diversos productos orgánicos. Por lo tanto podemos inferir que en gran parte, de la biomasa, dependerá el tipo de materia orgánica existente en los suelos <sup>(3)</sup>.

La calidad del suelo, como medio de sustentación y de soporte para toda la vida que se desarrolla sobre él, depende fundamentalmente de la actividad biológica en íntima relación al contenido orgánico y mineral del suelo, junto a una adecuada condición estructural que permita la circulación de agua y aire. Del equilibrio entre estos constituyentes del sistema edáfico, dependerá el usufructo y preservación de los suelos <sup>(3)</sup>.

En la materia orgánica del suelo (MOS), como fue mencionado anteriormente, se distingue una parte biótica o biomasa, y una parte abiótica constituida por dos subgrupos de agregados orgánicos: residuos orgánicos naturales de bajo peso molecular (hidratos de carbono, aminoácidos, lípidos, lignina, etc.) y humus.

Los hidratos de carbono corresponden al subgrupo de la materia orgánica constituida por moléculas relativamente pequeñas, las cuales se encuentran libres o asociadas a estructuras moleculares mayores. Se calcula que entre un 5 a 25% de la materia orgánica del suelo esta constituida por hidratos de carbono, los que provienen en su mayoría de la descomposición de residuos orgánicos, tanto vegetales como animales. Así, los hidratos de carbono de un suelo son el resultado del equilibrio de un proceso activo de síntesis y degradación <sup>(4)</sup>.

Los hidratos de carbono libres, ya sea monosacáridos, disacáridos u oligosacáridos, son fácilmente utilizados como fuente primaria de nutrición, especialmente de carbono, por microorganismos que habitan en el suelo y por la flora superior que sustenta el suelo <sup>(5)</sup>, por lo que la proporción de éstos es muy baja. Otras fracciones de polisacáridos en cambio, tienden a unirse a la fracción inorgánica, formando agregados estables resistentes a las degradaciones enzimáticas, o se unen a la fracción orgánica estable (ácidos húmicos y ácidos fúlvicos) formando ésteres.

El humus constituye entre el 50 y 85% de la materia orgánica total de la superficie terrestre; Es una de las mejores fuentes de carbono para los microorganismos del suelo y reguladora del dióxido de carbono atmosférico <sup>(6)</sup>; Presenta una alta acidez total (600 – 1500 meq/100g) y una elevada capacidad de intercambio catiónico <sup>(4)</sup>.

El humus está formado por tres fracciones altamente polimerizadas: ácido húmico, ácido fúlvico y humina. Estos tres polímeros húmicos son producto de la descomposición microbiológica de plantas y animales a compuestos de estructuras complejas y estables del tipo lignina, quitina, etc., y que por nueva síntesis biológica o vía radicales libres se transforman en nuevos polímeros orgánicos complejos y estables.

Estas fracciones húmicas son macromoléculas poli electrolíticas, fundamentalmente “ácidas”, las cuales forman compuestos metálicos y quelados que participan en reacciones importantes durante la génesis y desarrollo del suelo. Así, estos complejos regulan el movimiento de los nutrientes en el suelo y la biodisponibilidad para las plantas.

En general estas tres fracciones poliméricas presentan una estructura semejante, con una variedad de grupos funcionales. Las diferencias entre éstas radican básicamente en el peso molecular, la aromaticidad, y la solubilidad en ácido y en base. Esta última propiedad permite realizar una extracción del humus del suelo, mediante el uso de una serie de reactivos químicos, obteniéndose por separado estas tres fracciones poliméricas <sup>(4)</sup>.

El ácido fúlvico posee un peso molecular superior a 2.000 g/mol, presenta menor aromaticidad y mayor grado de acidez, es soluble en ácido y en base. El ácido húmico tiene un peso molecular aproximado de 10.000 a 100.000 g/mol, posee un grado de aromaticidad y acidez intermedia, y es soluble en base e insoluble en ácido. La humina tiene un peso molecular aproximado de 300.000 g/mol, con una mayor aromaticidad y es insoluble en ácido y en base <sup>(4,7)</sup>.

La importancia de la materia orgánica del suelo (MOS) se debe fundamentalmente a que por su constitución y propiedades, es la responsable directa de la mayoría de los procesos fisicoquímicos y biológicos del suelo <sup>(8)</sup>. Dentro de estos procesos, los principales son:

- Es fuente de energía para los procesos biológicos heterótrofos, a través de su contenido de carbono disponible,
- Es fuente primaria de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Azufre, de su propia constitución al mineralizarse,
- Por ser un poli electrolito, es de los principales responsables de la disponibilidad de nutrientes, tanto macronutrientes como micronutrientes,
- El almacenamiento de nutrientes en reservorios, los cuales son las estructuras poliméricas complejas que constituyen el humus,

- La facultad de retener sustancias orgánicas e inorgánicas en sus estructuras poliméricas confiere a la MOS una actividad protectora contra contaminantes del sistema edáfico, como lo son los metales pesados y pesticidas,
- Entre las propiedades físicas importantes que la materia orgánica le otorga al suelo esta la regulación térmica del sistema, por el color oscuro del humus,
- Facilita la agregación del suelo, al interactuar física y químicamente con los minerales del suelo, con lo que mejora la aireación y permeabilidad, condiciones esenciales para la bioactividad en todos los procesos aeróbicos,
- Mejora la capacidad de retención de agua, debido a la formación de puentes de hidrogeno entre la estructuras poliméricas y el agua,
- Por su capacidad de acción como tampón o buffer, protege al suelo de cambios bruscos de pH, debido a prácticas agrícolas o contaminación.

Para estimar la dinámica de la materia orgánica en el suelo es necesario conocer el balance que se produce entre su mineralización o degradación, y su síntesis, estabilización o humificación <sup>(9,10)</sup>. Esto es normalmente un estado de equilibrio en suelos sin intervención, pero en suelos que han sido intervenidos esos equilibrios se suelen alterar, ya sea por una mayor mineralización, con la consecuente disminución del status orgánico, o bien pudiera producirse un incremento o acumulación de material orgánico por ejemplo a causa de una disminución de la aerobiosis del suelo y la consiguiente disminución en la mineralización de la materia orgánica. En conclusión, estas actividades, como los manejos o prácticas agrícolas pueden traducirse en ganancias o pérdidas de materia orgánica de los suelos <sup>(11,12)</sup>.

En los últimos años, se ha utilizado universalmente el sistema conservacionista “Cero Labranza” o labranza mínima en los suelos destinados a la actividad agrícola, y en nuestro país no ha sido la excepción. La característica principal de este tipo de práctica consiste en no utilizar sistemas que disturben el suelo, como el arado, o la quema de rastrojos. Lo anterior, se acompaña con la reinserción de parte o el total de los rastrojos de los cultivos, a objeto de no desperdiciar el recurso materia orgánica fresca, lo que trae como consecuencia un enriquecimiento de este recurso y por ende

una mejor calidad del suelo, en sus características de humectación, agregación, recurso energético para la microflora y disponibilidad de nutrientes <sup>(13,14)</sup>.

Las prácticas conservacionistas tradicionales en el manejo de los suelos, han demostrado su ineficiencia en la conservación del suelo. Por este motivo los agricultores en muchos países del mundo han desarrollado la cero labranza como un sistema de manejo de los suelos que permite su conservación y mejoramiento, especialmente cuando se utilizan adecuadamente los rastrojos de las cosechas <sup>(14)</sup>.

Entre otros beneficios de la cero labranza se menciona también la reducción de la erosión del suelo provocada por el viento y la lluvia, y el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas, principalmente a través del aumento de la materia orgánica del suelo <sup>(14,15)</sup>.

Cabe mencionar que para el presente trabajo se utilizaron suelos del orden Mollisol (Clasificación según la USDA). Bajo esta clasificación se encuentran los suelos de zonas de praderas en climas templados, de un horizonte (A) superficial blando; con un nivel de material orgánico que los hace aptos para el cultivo; son espesos y oscuros. Su material parental es generalmente piedra caliza. La formación de los Mollisoles se ha debido principalmente a procesos de descomposición y humificación. Además poseen una mayor capacidad de intercambio de cationes, principalmente de calcio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

El principal objetivo de este trabajo será estudiar comparativamente los cambios que se producen en la materia orgánica de suelos tratados con labranza tradicional y suelos cultivados con labranza cero.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las muestras de suelos a analizar, en cuanto a pH, humedad, carbono orgánico y nitrógeno total.
- Realizar un estudio cuantitativo de las fracciones orgánicas poliméricas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas
- Determinación de las fracciones disponibles de la materia orgánica: hidratos de carbono lábiles y fácilmente hidrolizables.
- Balance de las fracciones orgánicas para establecer la distribución de las distintas fracciones en los suelos en estudio.
- Evaluar las distintas formas de nitrógeno presentes en el suelo.
- Establecer relaciones entre los sistemas de labranza tradicional y labranza mínima y las características de la materia orgánica presente en los suelos, sometidos a estos dos sistemas por un período prolongado.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción de las muestras**

Las muestras de suelos recopiladas para el presente estudio son del orden Mollisol, de la Región Metropolitana, Estación Experimental Antumapu, perteneciente a la Universidad de Chile. Las muestras fueron tomadas en paralelo de tres terrenos bajo “labranza tradicional” y tres terrenos tratados mediante “labranza cero” por un periodo de 6 años. Además se tomaron muestras por triplicado de un terreno tratado también mediante “labranza cero” por un periodo de 10 años. Cabe destacar que en estos suelos se ha cultivado maíz y trigo por rotación y las muestras se tomaron en la fase trigo.

Todas las muestras se recolectaron de 2 niveles de profundidad, de 0-2 cm y 0-5 cm. Posteriormente fueron tamizadas a un ancho de malla de 2 mm, fueron homogenizadas, se almacenaron en bolsas plásticas y fueron guardadas en refrigerador.

#### **3.2 Metodología de Análisis**

##### **3.2.1 Fraccionamiento de la materia orgánica del suelo**

Las sustancias húmicas se recuperan normalmente del suelo por extracción con álcali. Se realiza una extracción de tipo secuencial que se basa en las propiedades de solubilidad de la fracciones húmicas.

##### Reactivos:

- Solución NaOH 1.5 N
- Solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 N
- Mezcla 1:1 HCl / HF

Equipos:

- Centrifuga
- Placa calefactora

Procedimiento:

Se pesa alrededor de 50 gr de suelo, se adicionan 250 ml de hidróxido de sodio 0.15 N y se calienta en baño de agua a 90°C durante 30 minutos. Esta suspensión se decanta y el sobrenadante se separa y se lleva a un vaso de precipitado. Al residuo se le agregan nuevamente 250 ml de hidróxido de sodio 0.15 N. Esta operación se repite tres veces para obtener el mayor rendimiento en el proceso de extracción. De esta forma se obtiene aproximadamente unos 750 ml de solución alcalina, la cual se centrifuga. El residuo sólido obtenido es la fracción humina junto al residuo inorgánico propio del suelo. Esta primera fracción, humina más residuo inorgánico, se lava con agua destilada hasta ajustar a pH neutro y se seca en estufa a 50°C.

Por otro lado, los 750 ml de solución alcalina se acidifican hasta pH 2 con ácido sulfúrico 5 N, y se deja decantar por algunos minutos con el objeto de separar el ácido húmico del ácido fúlvico. La solución decantada se centrifuga y el precipitado (ácido húmico) se lava tres veces con una mezcla de ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico 1:1. Luego se lava con agua destilada hasta que el ácido húmico quede neutro. El producto obtenido se seca en estufa a 50°C. La solución restante de la centrifugación se hace pasar a través de resina de intercambio iónico ácida fuerte (R-H<sup>+</sup>) para eliminar todos los iones que se fijaron a lo largo del proceso del fraccionamiento. Luego esta solución se concentra en un evaporador rotatorio y finalmente, se dializa para purificar el ácido fúlvico, utilizando una membrana para peso molecular mayor que 2.000 g/mol. Finalmente el producto purificado se seca en estufa a 50°C.

### **3.2.2 Determinación de Carbono y Nitrógeno total en el suelo y en las fracciones orgánicas estables (ácido húmico, ácido fúlvico y humina)**

El analizador elemental "Vario El" es un instrumento totalmente automático, de alta eficiencia para determinar Carbono (C), Hidrogeno (H), Nitrógeno (N) y Azufre (S).

La sustancia a ser analizada es sometida a combustión oxidativa, que se realiza en una atmósfera altamente oxigenada a una temperatura aproximada de 1150°C, en un tubo de cuarzo. Es posible obtener una combustión cuantitativa de la muestra seleccionando adecuadamente la cantidad de oxígeno y el tiempo de combustión. La combustión oxidativa de los elementos C, H, N y S, aparte de los productos de oxidación (NO, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O), produce compuestos halogenados volátiles, si la muestra contiene halógenos.

El contacto con el tubo reductor de Cobre (Cu), reduce cuantitativamente los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre a N<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>. Esto se realiza a una temperatura de 850°C. Posteriormente al contacto con el tubo de Cu, los compuestos halógenos volátiles son retenidos por una sustancia absorbente (lana de Ag) y así se remueven del flujo de gas. La mezcla de gases CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> es subsiguientemente guiada al sistema de separación y medición. Cada gas es detectado por el “Detector de Conductividad Térmica” TCD. Así, con la ayuda de un microprocesador integrado al equipo “Vario El” se puede obtener los porcentajes de C, H, N y S presentes en la muestra analizada.

#### Reactivos:

- Oxido Wolframio

#### Equipos:

- Elementar Analysensysteme GMBH Vario El

#### Procedimiento:

Se pesa una cantidad de muestra adecuada, alrededor de 50 mg, en una balanza analítica, sensible a la centésima de mg. Se coloca la muestra en navcillas de Estaño y se le añade Oxido de Wolframio que actúa como catalizador para la oxidación completa de la muestra (se recomienda aproximadamente 5 mg de WO<sub>3</sub>). La navcilla de estaño es doblada, sellada e insertada en el carrusel automático para muestras del equipo. Se procede al análisis de las muestras por medio del instrumento, obteniéndose el porcentaje de Carbono (C) y de Nitrógeno (N).

### **3.2.3 Determinación de hidratos de carbono por el Método de la Antrona**

#### **3.2.3.1 Hidratos de Carbono Libres**

Procedimiento:

- Extracción: Se toman 10 gr de suelo, se le agregan 20 ml de agua, se agita el sistema por 20 seg, y luego se filtra.
- Determinación: El contenido de hidratos de carbono libres se determina por el método de la antrona.

#### **3.2.3.2 Hidratos de Carbono Totales**

Los hidratos de carbono están presentes en baja proporción, por lo que resulta necesario aislarlos previamente para su posterior determinación. El análisis de “hidratos de carbono totales” en suelos comprende tres etapas: extracción, purificación y determinación.

En cuanto a la primera etapa, se sabe que la mejor extracción se realiza por hidrólisis acida. El mayor porcentaje de rendimiento se obtiene cuando se utiliza ácido sulfúrico 25 N por dos horas a 25°C, y luego se diluye a una acidez de 5 N y se deja por 15 hrs a 50°C. Este procedimiento fue implementado por Aguilera y colaboradores<sup>(5)</sup>. Para el caso de la celulosa, estos autores comprobaron que la hidrólisis es completa cuando las concentraciones de ésta en las muestras es de 30 a 70 mg/g, por lo que recomiendan aplicar a cantidades de muestras cuyos contenidos de hidratos de carbono totales, expresados en glucosa, no exceda los 70 mg/g.

Se emplea hidróxido de sodio como agente neutralizador de los hidrolizados ácidos, ya que, aparte de ser más fácil la técnica de neutralización utilizando este reactivo, se comprobado que los valores de hidratos de carbono totales son ligeramente superiores a los encontrados cuando se utiliza carbonato de bario<sup>(5)</sup>.

Así, la determinación colorimétrica de azúcares totales se lleva a cabo utilizando el método de la antrona, y la técnica de espectrofotometría visible. En el método de la antrona los hidratos de carbono, en su forma monomérica sufren una deshidratación

por acción del ácido sulfúrico concentrado, dando origen a compuestos derivados del furfural, los cuales reaccionan con el reactivo antrona. Se forma así un compuesto coloreado, cuyo máximo de absorbancia se registra a una longitud de onda de 625 nm<sup>(5)</sup>.

Lo descrito anteriormente señala que el método de la antrona determina preferentemente hexosas. Este hecho lo hace útil para nuestro estudio, donde una parte importante de polisacáridos presente en suelos corresponde a celulosa, que por hidrólisis genera glucosa. Por todo esto, los resultados obtenidos son expresados en contenido de glucosa por gramo de suelo.

#### Reactivos:

- NaOH 10 N
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 25 N
- Solución reactivo: Solución de Antrona (9,10-Dihidro-9-oxoantraceno) al 1% en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Curvas de calibración: Soluciones patrones de glucosa

#### Equipos:

- Espectrofotómetro UV-Visible Shimadzu 160 A

#### Procedimiento:

- Extracción: Se hidrolizan 2 gr de suelo durante 2 hrs con 2 ml de ácido sulfúrico 25 N a temperatura ambiente. Luego se diluye la muestra a ácido sulfúrico 5 N con 8 ml de agua destilada y se mantiene la hidrólisis durante 15 hrs a 50°C.
- Purificación: El hidrolizado ácido obtenido de la extracción se neutraliza con hidróxido de sodio 10 N y el precipitado que se forma se separa por centrifugación. Una vez centrifugados, los hidrolizados se enrasan a 100 ml, previo paso por el papel filtro.
- Determinación: El contenido de hidratos de carbono en la solución neutra se valora por el método de la antrona.

Procedimiento del método de la antrona: A 2 ml de la solución que contiene los hidratos de carbono se añade 10 ml de solución de antrona en tubos de 30 ml de

capacidad. Se homogenizan perfectamente en un agitador de tubos vortex por 30 segundos. Luego se calienta durante 12 minutos en baño de agua a 90°C. Se enfría y se lee la absorbancia del compuesto formado a 625 nm es un espectrofotómetro UV-Visible. El color se mantiene estable por el lapso de 1 hora.

#### **3.2.4 Determinación de Carbonatos**

La cuantificación de carbonatos se realizó por el Método de Piper o de la neutralización ácida <sup>(16)</sup>.

#### **3.2.5 Determinación de Nitrógeno inorgánico en formas de nitrato y amonio**

Este ensayo se realizó de acuerdo al método espectrofotométrico descrito por Keeney, D.R., y Nelson , D.W. <sup>(17)</sup>.

#### **3.2.6 pH**

El pH se determinó potenciométricamente en el sobrenadante de una suspensión agua/suelo en relación 2:1 en peso.

#### **3.2.7 Humedad**

La humedad se determinó por diferencia de peso llevando las muestras a sequedad a 105°C en estufa.

#### **3.2.8 Capacidad máxima de retención de agua (WHC)**

Se colocan 10 g de suelo pesado exactamente en una placa filtrante con filtro de papel humedecido y se anota el peso de ésta. Luego la base de la placa es sumergida

en agua, permitiendo que esta ascienda por capilaridad. Se da tiempo al sistema hasta observar que el agua ha llegado hasta la superficie del suelo. Luego se saca la placa de la fuente de agua y se elimina el exceso de agua secando el exterior y la base de la placa. Se pesa finalmente la placa filtrante y por diferencia de peso se puede conocer la cantidad máxima de agua que el suelo es capaz de retener.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Presentación y validez de los datos

Se presentan los resultados obtenidos correspondientes a propiedades generales de los suelos, contenido de carbono y nitrógeno total, su distribución en las fracciones húmicas estables, y en sus formas lábiles. Todos los resultados se expresan en base seca de suelo y corresponden al promedio de tres repeticiones, cada una de ellas analizada en duplicado, con una desviación estándar (sd) menor al 5%. Los resultados se informan mediante figuras y tablas resumen, extraídas del detalle de tablas adjuntas en el capítulo ANEXOS.

**Nota:** La nomenclatura que utilizaremos para identificar las muestras de suelos será:

LT = Labranza Tradicional

CL6 = Labranza Cero, periodo de 6 años

CL10 = Labranza Cero, periodo de 10 años

P1 = Profundidad 0-2 cm

P2 = Profundidad 0-5 cm

Ejemplo:

CL6P1 = Cero Labranza, periodo de 6 años, profundidad 1.

#### 4.2 Propiedades generales de los suelos.

**Tabla 1: Resumen propiedades generales de los suelos.**

<b>Suelo</b>	<b>% Humedad</b>	<b>pH</b>	<b>%C total</b>	<b>%N total</b>
LTP1	<b>10,62</b>	<b>6,31</b>	<b>1,9</b>	<b>0,14</b>
LTP2	<b>11,55</b>	<b>6,36</b>	<b>2,0</b>	<b>0,14</b>
CL6P1	<b>19,09</b>	<b>6,39</b>	<b>2,8</b>	<b>0,23</b>
CL6P2	<b>18,16</b>	<b>6,40</b>	<b>2,6</b>	<b>0,21</b>
CL10P1	<b>17,30</b>	<b>6,49</b>	<b>2,5</b>	<b>0,19</b>
CL10P2	<b>16,24</b>	<b>6,53</b>	<b>2,2</b>	<b>0,16</b>

Tal como se muestra en la Tabla 1, no se manifiestan grandes variaciones en los niveles de acidez para este mollisol, para los distintos usos y manejos a los que ha sido sometido. En general el pH es del orden de 6,4 en promedio para todos los suelos. Se sabe que el material húmico del suelo presenta propiedades de buffer o tampón frente a cambios bruscos de acidez. De todas formas no podríamos afirmar en que grado estaría presente este efecto, ya que el contenido orgánico estable para estos suelos es relativamente bajo, comparado con otros suelos de origen volcánico por citar un ejemplo.

Podemos observar que la humedad es levemente mayor para las series de cero labranza.

En cuanto al contenido total de carbono y nitrógeno se puede apreciar un aumento para las series bajo el sistema de cero labranza, en comparación con la serie de labranza tradicional; Se observa también la tendencia de tener un mayor porcentaje de carbono y nitrógeno en los primeros centímetros de profundidad. Los contenidos de carbono en los suelos estudiados varían de 1 a 3%, lo que concuerda con los valores encontrados para suelos cultivables de la zona central del país. Debemos considerar que el nivel de material orgánico está muy ligado al tipo de suelo, su material parental y constitución mineral, al clima y a las condiciones ambientales al cual se encuentra expuesto.

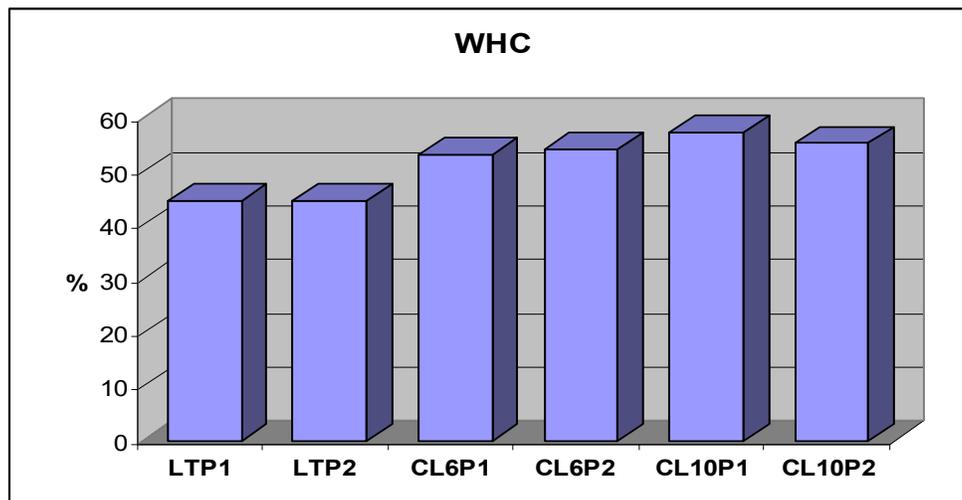
### 4.3 Capacidad máxima de retención de agua (WHC).

**Tabla 2.**

Suelo	WHC (g agua/100g ss)
LTP1	44,70
LTP2	44,67
CL6P1	53,32
CL6P2	54,27
CL10P1	57,44
CL10P2	55,44

La Tabla 2 muestra los resultados del ensayo de capacidad máxima de retención de agua para los suelos en cuestión, expresado en gramos de agua por cada 100g de suelo seco. En la Figura 1 se presentan estos datos gráficamente. Podemos apreciar como la WHC es mayor para las series de suelos bajo cero labranza en comparación con la serie de labranza tradicional. Estos resultados podrían ser esperados, debido a que el contenido orgánico presente en las series bajo cero labranza es mayor, y como se ha mencionado anteriormente, la materia orgánica es la responsable en gran medida de la capacidad del suelo para retener agua. Este fenómeno se debe a la formación de puentes de hidrógeno entre los polímeros húmicos estables y el agua.

**Figura 1.**



#### 4.4 Contenido de Hidratos de Carbono Lábiles.

**Tabla 3.**

<b>Suelo</b>	<b>µg glucosa/g suelo seco</b>
LTP1	13,00
LTP2	13,61
CL6P1	18,50
CL6P2	18,12
CL10P1	26,86
CL10P2	26,56

#### 4.5 Contenido de Hidratos de Carbono Totales (HCt).

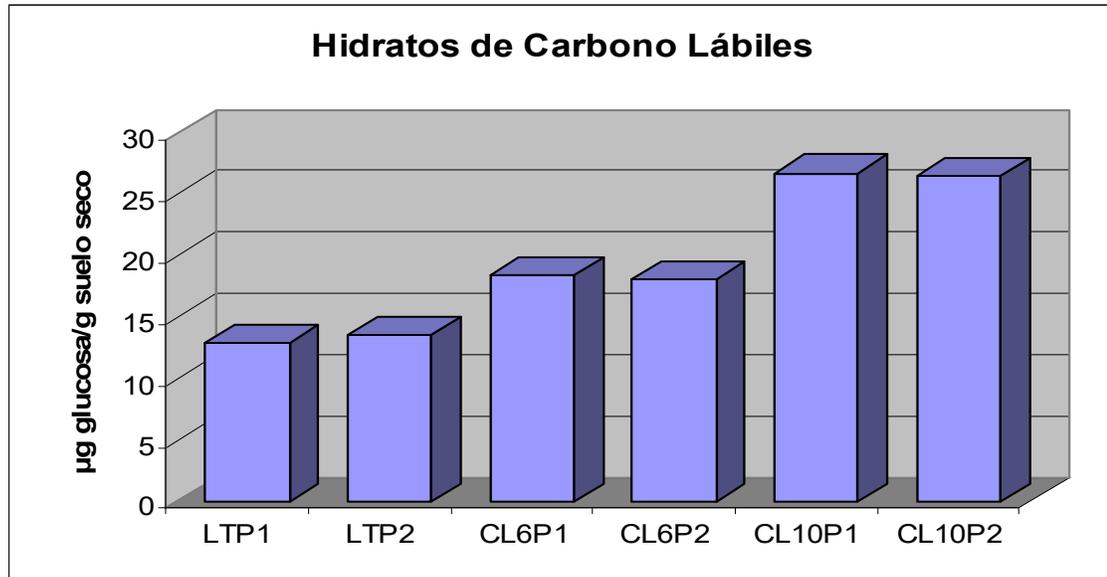
**Tabla 4.**

<b>SUELO</b>	<b>mg glucosa/g suelo seco</b>
LTP1	3,43
LTP2	3,32
CL6P1	6,41
CL6P2	6,54
CL10P1	4,89
CL10P2	4,98

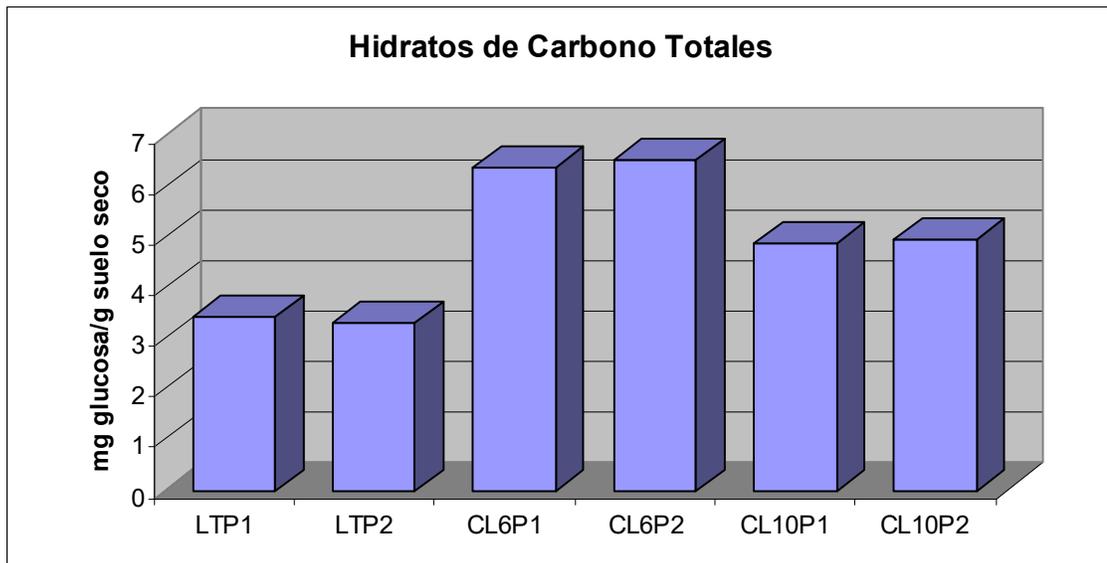
En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados de la determinación del contenido de hidratos de carbono lábiles o inmediatamente disponibles, y el contenido total de éstos, expresados en µg y en mg de glucosa por gramo de suelo seco respectivamente. La Figura 2 y 3 presentan estos datos de manera gráfica. Podemos apreciar que en general el contenido de HC, tanto lábiles como totales, aumenta para las series de cero labranza de manera significativa en comparación con la serie labranza tradicional. Este efecto podría deberse precisamente al sistema conservacionista de cero labranza, el cual provoca un enriquecimiento de estos azúcares debido a la práctica de agregar residuos orgánicos de origen animal y vegetal al suelo, los cuales son degradados mediante la actividad microbiológica y transformados en compuestos como hidratos de carbono, celulosa, aminoácidos, ácidos grasos, entre otros. Éstos sirven de fuente primaria de nutrientes y son responsables de la solubilización y movilización de elementos catiónicos, gracias a su

capacidad complejante. Cabe mencionar también que este tipo de compuestos, como los HC, facilitan la agregación del suelo al interactuar física y químicamente con la fase mineral de éste. Esto tiene como resultado una mejor aireación y permeabilidad del suelo.

**Figura 2.**



**Figura 3.**



#### 4.6 Rendimiento de extracción materia orgánica y pesos por fracción.

**Tabla 5.**

Suelo	Res-Hum (g)	HA (g)	FA (g)	% Rendimiento Extracción
LTP1	95,95	0,32	0,48	96,75
LTP2	96,75	0,32	0,43	97,50
CL6P1	95,08	0,70	0,56	96,34
CL6P2	95,84	0,58	0,47	96,89
CL10P1	95,83	0,65	1,00	97,48
CL10P2	96,44	0,47	0,90	97,81

Para analizar la eficiencia de la extracción en la Tabla 5 se presenta el rendimiento en el proceso de extracción de las fracciones estables del material húmico del suelo, expresado como porcentaje sobre la base de 100 g de suelo seco. Aun cuando estos rendimientos de extracción son bastante altos, en ningún caso se obtiene alguno equivalente al 100%. Los valores totales varían entre 96 y 98%. Estas diferencias son esperadas, ya que probablemente se deben a pérdidas de la fracción labil de la materia orgánica del suelo durante el proceso de extracción, separación y purificación de las distintas fracciones húmicas.

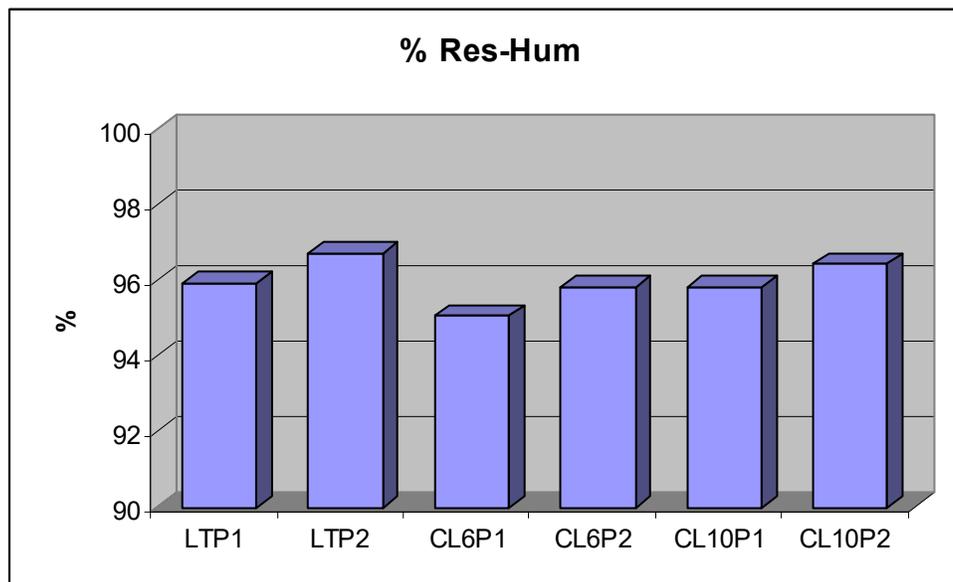
La fracción humina presenta una estructura polimérica altamente humificada e íntimamente enlazada al material mineral del suelo, por lo que siempre se presenta en mayor cantidad respecto a las otras fracciones. Generalmente, y en este mismo orden encontramos el ácido fúlvico y finalmente el ácido húmico.

Las Figuras 4, 5 y 6 muestran los resultados de la Tabla 5 de manera gráfica. Estos datos corresponden a los gramos de cada fracción húmica presente en 100 gramos de suelo seco. En la Figura 4 podemos ver que el contenido de residuo humina fue bastante similar para todas las series de suelos. Los valores totales varían entre 95 y 97%, lo que implica que la humina junto a la fracción mineral corresponden al 96% del suelo en promedio.

En las Figuras 5 y 6 podemos ver el contenido de ácido húmico (HA) y ácido fúlvico (FA) para cada serie de suelo respectivamente. Se aprecia un incremento de estas fracciones para las series de suelos bajo cero labranza, siendo aun mayor para

la serie correspondiente al periodo de 6 años. Este resultado podría atribuirse al manejo de cero labranza, ya que como se ha mencionado, esta práctica promueve la conservación del material orgánico en el suelo. También podemos observar que estas fracciones se concentran mas en los niveles de profundidad 1, es decir, se encuentra en mayor proporción en el perfil superficial del suelo.

**Figura 4.**



**Figura 5.**

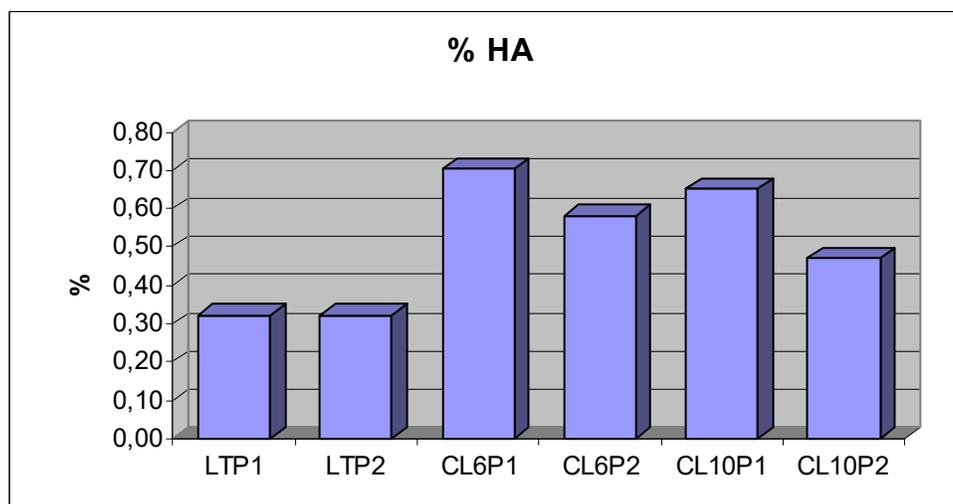
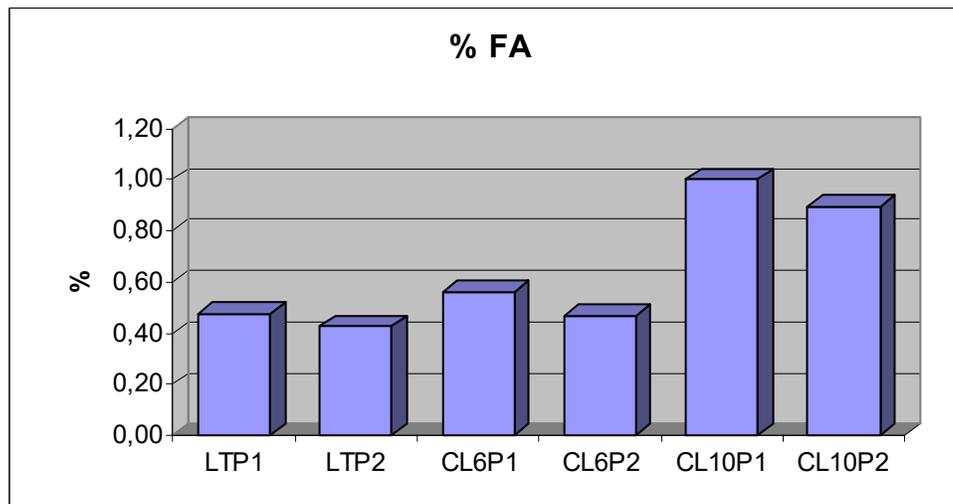


Figura 6.

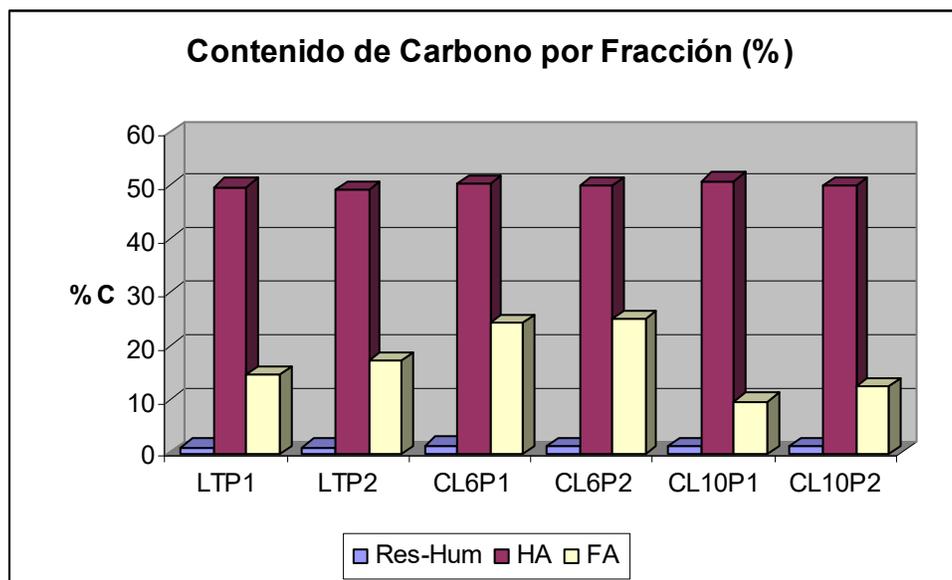


#### 4.7 Contenido porcentual de Carbono en las fracciones orgánicas estables.

Tabla 6.

Suelo	Contenido de Carbono (%)		
	Res-Hum	HA	FA
LTP1	1,29	49,90	14,79
LTP2	1,24	49,29	17,41
CL6P1	1,59	50,40	24,37
CL6P2	1,47	49,95	25,17
CL10P1	1,44	50,97	9,76
CL10P2	1,38	50,02	12,58

Figura 7.



La Tabla 6 presenta los contenidos de Carbono presente en cada una de las fracciones húmicas estables, expresados en porcentaje. La Figura 7 presenta estos resultados de manera gráfica. Se observa que los contenidos de carbono provenientes del Res-Hum y HA son bastante similares para todas las series. Sin embargo, en el suelo CL6, el contenido de Carbono presente en la fracción FA es notoriamente mayor, en un 13,6% y 8,6% en promedio, en comparación a las series CL10 y LT respectivamente.

#### 4.8 Balance de Carbono.

Tabla 7.

MUESTRAS	C Total	% CARBONO					HCt	% Recuperación
		Res-Hum	HA	FA	Carbonatos $\cdot(10^{-3})$			
LTP1	1,9	1,24	0,16	0,07	8,67	0,14	<b>85,04</b>	
LTP2	2	1,19	0,16	0,07	8,68	0,13	<b>78,08</b>	
CL6P1	2,8	1,51	0,35	0,14	8,69	0,26	<b>80,89</b>	
CL6P2	2,6	1,41	0,29	0,12	8,60	0,26	<b>80,40</b>	
CL10P1	2,5	1,38	0,33	0,1	9,28	0,20	<b>80,59</b>	
CL10P2	2,2	1,33	0,24	0,11	8,96	0,20	<b>85,83</b>	

Para normalizar los datos de carbono y hacerlos comparables es necesario determinar el contenido de carbono en cada una de las fracciones, lo que se hizo mediante el análisis elemental (tabla 6). Luego, al multiplicar el rendimiento porcentual por el porcentaje de carbono que posee cada fracción se llega al valor corregido del porcentaje de carbono que aporta cada fracción orgánica al contenido de carbono total. En la tabla 7 se presenta el balance de carbono que corresponde a los valores corregidos de carbono con que cada una de las fracciones estables y lábiles contribuye al contenido de carbono total, presente en 100 g de suelo seco, a fin de que comparativamente se pueda estimar la calidad y cantidad de cada uno de los tipos de material orgánico, respecto del total.

Podemos apreciar que el contenido de carbono total del mollisol en estudio fue relativamente bajo, con un 2,3% en promedio, en comparación con otros suelos de nuestro país como los andisoles en la zona sur, con un contenido de carbono total entre un 5 a 20%. En cuanto a los niveles de carbono en las distintas profundidades, el carbono superficial (Profundidad 1) resultó ser el mas alto, con un 0,3% en promedio para las series de labranza cero. Es probable que esta diferencia se haga más significativa a mayor diferencia entre los niveles de profundidad del suelo.

Figura 8.

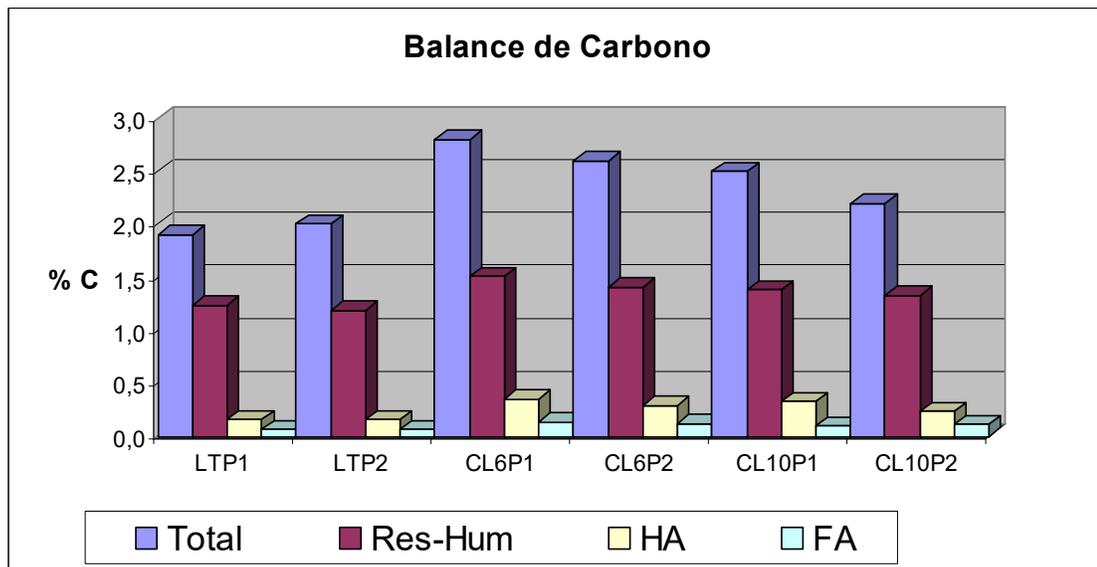
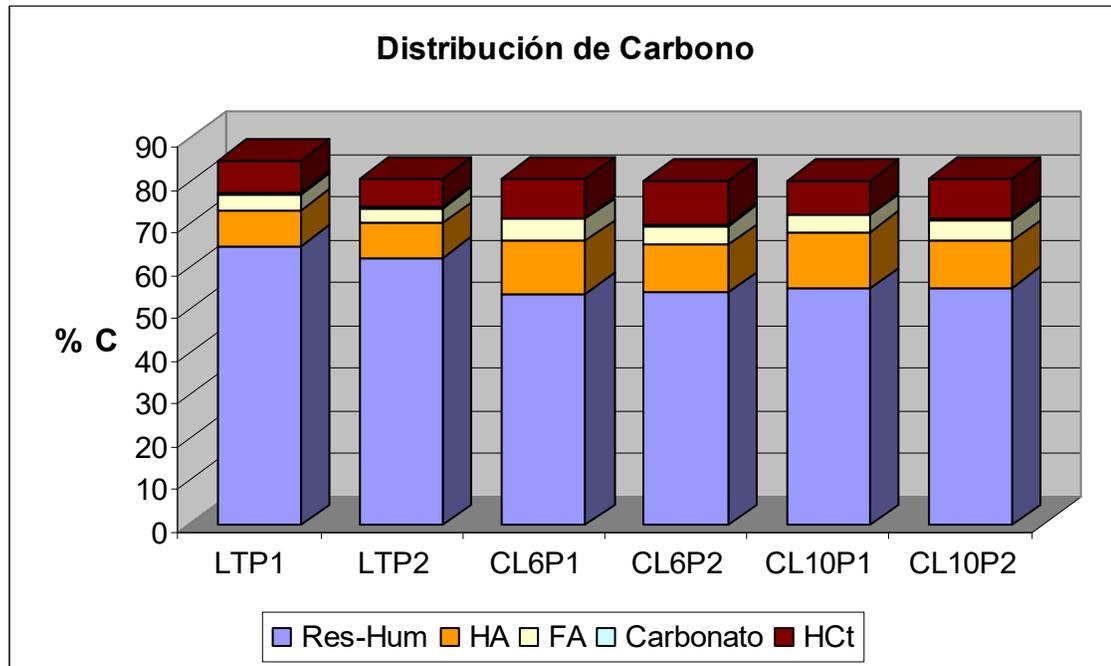


Figura 9.



En la Figura 9 podemos apreciar la distribución de las distintas formas de carbono como sumatorias de todas las fracciones expresadas porcentualmente respecto al carbono total de cada suelo. Se puede apreciar un alto grado de humificación alcanzado por la materia orgánica en todos los suelos y estratos muestreados, ya que solo la suma de las fracciones HA y Res-Hum superaron el 50% del Carbono total, siendo aun mayor para las serie de labranza tradicional, los que alcanzaron niveles superiores al 70% de material muy estable. Para las series de cero labranza los niveles de humificación de ambas fracciones fue del orden de un 66,64% en promedio. Debemos considerar que los FA aportaron un 3,6% y 4,7% más de material húmico en promedio, para las series LT y CL respectivamente, aunque la fracción FA es la de mayor labilidad del humus, y junto a los hidratos de carbono (HC) son el principal aporte a los procesos biológicos cuya mayor o menor actividad esta fuertemente ligada a la disponibilidad de este tipo de materia orgánica. El contenido de FA y HCt constituyen las fracciones más dinámicas de la materia orgánica de los suelos, y ellas corresponderían a niveles del 30%. Sin embargo, para las series de cero labranza, a pesar de haber sido tratadas bajo este sistema de conservación y sin quema de rastrojos, el nivel de HCt determinados no fue tan alto, ya que correspondió

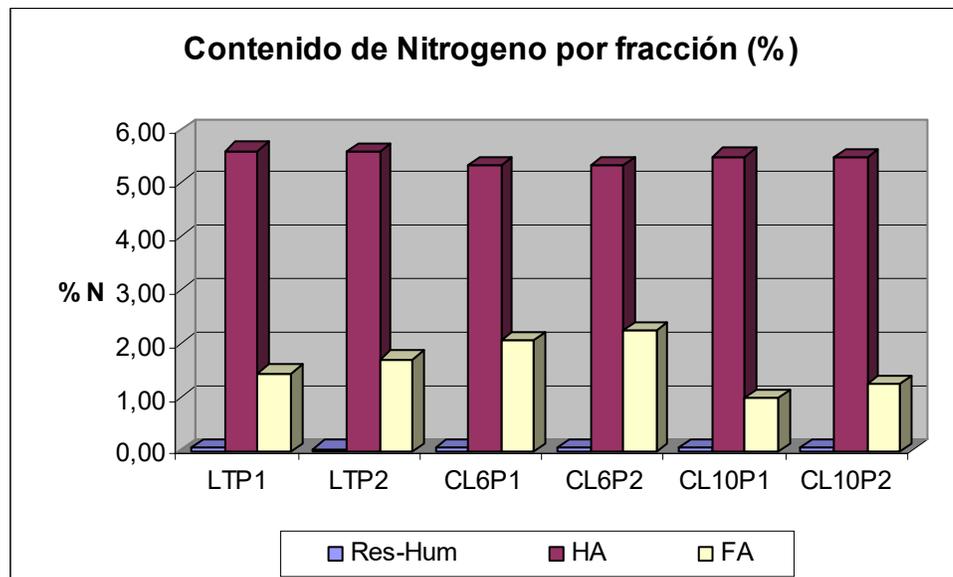
al 9,61 y 8,44% en promedio para las series CL6 y CL10 respectivamente, en circunstancias que habitualmente los HCt fluctúan entre un 10 y 15% del Carbono total de los suelos.

#### 4.9 Contenido porcentual de Nitrógeno en las fracciones orgánicas estables.

**Tabla 8**

Suelo	Contenido de Nitrógeno (%)		
	Res-Hum	HA	FA
LTP1	0,07	5,61	1,46
LTP2	0,05	5,59	1,72
CL6P1	0,08	5,33	2,08
CL6P2	0,07	5,33	2,26
CL10P1	0,07	5,51	0,99
CL10P2	0,07	5,49	1,25

**Figura 10.**



La Tabla 8 presenta los contenidos de Nitrógeno presente en cada una de las fracciones húmicas estables, expresados en porcentaje. La Figura 10 presenta estos resultados de manera gráfica. Se observa que los contenidos provenientes del Res-Hum y HA son bastante similares para todas las series. Al igual que para el caso del Carbono en el suelo CL6, el contenido de Nitrógeno presente en la fracción FA es

mayor en un 1,05 y 0,58% en promedio, en comparación a las series CL10 y LT respectivamente.

#### 4.10 Balance de Nitrógeno.

**Tabla 9**

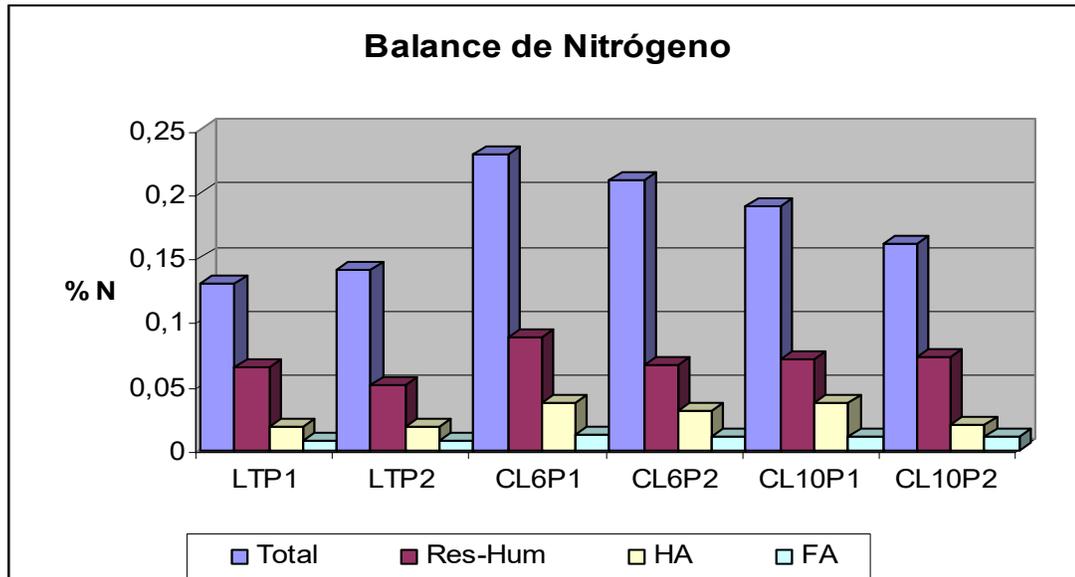
Suelo	% NITROGENO						% Recuperación
	Total	Res-Hum	HA	FA	Amonio $*(10^{-3})$	Nitratos $*(10^{-3})$	
LTP1	0,13	0,064	0,018	0,007	0,34	2,24	<b>70,45</b>
LTP2	0,14	0,051	0,018	0,007	0,36	2,26	<b>56,16</b>
CL6P1	0,23	0,088	0,037	0,012	0,42	3,87	<b>61,43</b>
CL6P2	0,21	0,066	0,031	0,01	0,38	3,96	<b>53,02</b>
CL10P1	0,19	0,071	0,036	0,01	0,37	1,77	<b>62,71</b>
CL10P2	0,16	0,073	0,019	0,011	0,32	2,4	<b>66,08</b>

La Tabla 9 muestra los valores corregidos con que cada una de las fracciones estables y lábiles contribuye al contenido de Nitrógeno total, presente en 100 g de suelo seco. Podemos apreciar que el contenido de Nitrógeno total para este mollisol varió desde un 0,13 a 0,23%, siendo mayor para las series de cero labranza CL6 y CL10 en un 0.08% y 0.04% en promedio, con respecto a la serie de labranza tradicional respectivamente. Se puede observar que en general los niveles de Nitrógeno presentan una disminución en los niveles más profundos, como podría esperarse.

De acuerdo a las formas de Nitrógeno encontradas se puede observar una preponderancia marcada del Nitrógeno orgánico sobre el inorgánico. Las formas de Nitrógeno inorgánico representan solo casi el 2% del Nitrógeno total, y se encuentran principalmente como nitratos, ya que los niveles de amonio son muy bajos y los nitritos no fueron detectables. Se puede observar además que existe un porcentaje importante de Nitrógeno orgánico muy estable ya que el Nitrógeno unido a las fracciones ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y al residuo con las huminas, representó mas de la mitad del Nitrógeno total. Podríamos pensar que el porcentaje restante, cercano al otro 50% del Nitrógeno total, debería corresponder a formas de Nitrógeno

orgánico en sus formas más lábiles, las que no fueron caracterizadas debido a las metodologías empleadas, que recurren a procesos hidrolíticos.

Figura 11.



## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. En cuanto a las características generales de los suelos analizados, aun cuando éstos son considerados "*relativamente pobres*" en cuanto a contenido orgánico total, se aprecian los efectos del sistema conservacionista en forma de un aumento en los valores de humedad, y contenido total de Carbono y Nitrógeno, en comparación con el mismo suelo tratado bajo el sistema tradicional. Sin embargo los valores de acidez fueron bastante similares para ambos sistemas, por lo que pareciera ser que esta propiedad fue independiente del manejo al que fueron sometidos los suelos estudiados.

2. La capacidad de retención de agua (WHC), como era esperado, fue mayor para las series de labranza cero en aproximadamente un 27% con respecto al suelo bajo labranza tradicional. Como se menciona anteriormente, este hecho se esperaba ya que el sistema conservacionista de "*cero labranza*" aumenta los niveles de material orgánico, el cual resulta ser el principal responsable de la tendencia a la mayor retención y disposición de humedad en el suelo.

3. La cantidad de material orgánico lábil, como fueron los hidratos de carbono solubles y totales, fue sustancialmente mayores para las series de suelos sometidas al sistema conservacionista. Se confirma entonces que las prácticas consideradas bajo este sistema, como la adición de residuos animales y vegetales, aumenta los niveles de material orgánico labil, con la consiguiente mejora que éstos provocan en las propiedades físicas del suelo, como un mayor grado de agregación y permeabilidad.

4. El contenido de cada una de las fracciones poliméricas estables que conforman el humus fue mayor para los suelos bajo el sistema de "*cero labranza*", esto conforme al mayor contenido de carbono total que presentaron estos suelos en comparación con su "testigo" tratado bajo el sistema tradicional de labranza. Las fracciones ácido húmico y fúlvico, a excepción de la fracción humina, se concentraron preferentemente en el perfil superficial del suelo.

5. Como se mencionó anteriormente, el contenido de carbono total aumentó bajo el manejo de “*cero labranza*”, y este se concentró preferentemente en el perfil superficial del suelo. El balance de carbono nos indica la distribución de carbono en las fracciones lábiles y estables de la materia orgánica del suelo, siendo fundamental para visualizar la calidad de este material. Según este balance se concluye que los suelos estudiados, en general, están bastante humificados, ya que más del 60% del Carbono total correspondió a Carbono estable. Este hecho constituye un gran potencial, ya que asegura la preservación del contenido orgánico.

6. El contenido de Nitrógeno total, y de cada fracción húmica aumentó bajo el sistema conservacionista, y se concentró preferentemente en el perfil superficial del suelo. Sobre el 50% del Nitrógeno total correspondió a Nitrógeno asociado a las fracciones estables del humus.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Soil Science of America, 1965. "Glossary of soil science term. Soil Science Soc. Am". Proc.29 (3); 330-351
- 2.- Sposito, G., 1992, "The Chemistry of Soils", Oxford University Press, New Cork.
- 3.- Zunino, H., Borie, F., 1985, "Materia orgánica y procesos biológicos en suelos volcánicos de Chile". Tosso, J. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- 4.- Stevenson, FJ, 1986, "Humus Chemistry, genesis, composition, reactions", John Wiley and Sons, New Cork, pp 443.
- 5.- Aguilera, S., Borie, G., Milla, P., Peirano, P., 1987, "Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas: Determinación de hidratos de Carbono", Agricultura Técnica, Chile, 47(3): 240-247.
- 6.- Aguilera, M., Borie, G., Galindo, G., Peirano, P., 1997, "Organic matter in volcanic soils in Chile Chemical and Biochemical-Characterization", Communications in Soil Science and plant Análisis, Vol 28, Iss 11-12, pp. 899-912.
- 7.- Schnitzer, M., 1982, "Organic matter characterization", Page, Miller, Keeney, Methods of Soil Análisis, Agronomy S, Part 2, pp 587.
- 8.- Aguilera, M., 1990, "Materia orgánica de suelos volcánicos de Chile. Estudio de sus principales propiedades fisicoquímicas". Tesis para optar al grado de Magister en Química, Universidad de Chile.
- 9.- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P., Mac Donald R., 1993, "Actividad biológica de suelos Nadis y Efecto de la adición de Carbono, Nitrógeno y Fósforo", Boletín N°10, Soc. Chilena de la Ciencia del suelo,1-10.

- 10.- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P., 1994, "Composición y transformación de la materia orgánica de suelos volcánicos de Chile", Proceed, XV World Congress Soil Science, Acapulco, Mexico. Vol 3B :58-59.
- 11.- Aguilera S.M., Borie G., Rouanet J.L., Peirano P., 1998, "Evaluación de Carbono orgánico y bioactividad en un Andisol sometido a distintos manejos agronómicos", Agricultura Técnica, Chile, Vol. 58 N°1 :32-46.
- 12.- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P., 1999, "Dinámica del Carbono en suelos con distintos sistemas de labranza", Frontera agrícola, Vol. 5 N°1 y 2 :33-38.
- 13.- Aguilera S.M., Borie G., Del Canto P., Peirano P., 1996, "Contribución del Sistema Conservacionista de "Cero Labranza" en los niveles de Carbono, Fósforo y en la Bioactividad del Suelo Santa Bárbara", Agricultura Técnica, Chile, Vol. 56, N°4 :250-254.
- 14.- Rosell, R.A., 1999, "Materia orgánica, Fertilidad de Suelos y Productividad de Cultivos", Proceed XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile.
- 15.- Edmundo Acevedo, 2003, "Sustentabilidad en Cultivos Anuales. Cero Labranza y Manejo de Rastrojos", Serie Ciencias Agronómicas, N°8.
- 16.- Sadzawka R., 1990, "Métodos de análisis de suelos", Serie La Platina, N°16, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Stgo, Chile.
- 17.- Keeney, D.R., Nelson, D.W., 1982, "Nitrogen-Inorganic Forms", Methods of Soils Analysis. Part 2 (Agronomy 9). American Society of Agronomy, Madison, WI, p:643-698.

ANEXOS

**Tabla I: Contenido de Carbonatos y de Carbono proveniente de Carbonatos.**

Suelo	mg CaCO <sub>3</sub> /100g ss	mg C/100g ss	$\bar{x}$ Repeticiones	$\sigma$
LTR1P1	70,99	8,52	<b>8,67</b>	<b>0,21</b>
LTR2P1	74,28	8,91		
LTR3P1	71,43	8,57		
LTR1P2	70,26	8,43	<b>8,68</b>	<b>0,40</b>
LTR2P2	76,13	9,14		
LTR3P2	70,49	8,46		
CL6R1P1	77,30	9,28	<b>8,73</b>	<b>0,48</b>
CL6R2P1	69,43	8,43		
CL6R3P1	70,60	8,47		
CL6R1P2	71,87	8,62	<b>8,60</b>	<b>0,05</b>
CL6R2P2	71,87	8,62		
CL6R3P2	71,21	8,55		
CL10R1P1	76,78	9,21	<b>9,28</b>	<b>0,06</b>
CL10R2P1	77,70	9,32		
CL10R3P1	77,43	9,29		
CL10R1P2	72,69	8,72	<b>8,96</b>	<b>0,21</b>
CL10R2P2	75,19	9,02		
CL10R3P2	76,13	9,14		

$\bar{x}$  = Promedio

$\sigma$  = Desviación estandar

ss = Suelo seco

**Tabla II: Contenido de Hidratos de Carbono Labiles.**  
**(expresados como  $\mu\text{g}$  de Glucosa por gramo de suelo seco)**

Suelo	1° Duplicado	2° Duplicado	$\bar{x}$ Lecturas	$\sigma$	$\bar{x}$ Repeticiones
LTR1P1	13,48	14,03	13,76	0,39	<b>13,00</b>
LTR2P1	13,42	12,46	12,94	0,68	
LTR3P1	11,92	12,71	12,31	0,55	
LTR1P2	15,54	15,28	15,41	0,18	<b>13,61</b>
LTR2P2	15,69	14,81	15,25	0,62	
LTR3P2	9,18	11,17	10,18	1,41	
CL6R1P1	20,36	17,65	19,00	1,91	<b>18,50</b>
CL6R2P1	19,84	18,33	19,08	1,06	
CL6R3P1	18,74	16,06	17,40	1,89	
CL6R1P2	20,69	19,24	19,96	1,02	<b>18,12</b>
CL6R2P2	16,82	16,53	16,68	0,21	
CL6R3P2	17,71	17,76	17,74	0,04	
CL10R1P1	29,43	26,32	27,88	2,20	<b>26,86</b>
CL10R2P1	26,51	23,13	24,82	2,39	
CL10R3P1	29,36	26,38	27,87	2,11	
CL10R1P2	27,72	27,34	27,53	0,27	<b>26,56</b>
CL10R2P2	25,73	24,36	25,05	0,97	
CL10R3P2	28,67	25,56	27,11	2,19	

**Tabla III: Contenido de Hidratos de Carbono Totales.****(expresados como mg de Glucosa por gramo de suelo seco)**

Suelo	1º Duplicado	2º Duplicado	$\bar{x}$ Lecturas	$\sigma$	$\bar{x}$ Repeticiones
LTR1P1	28,37	31,16	29,77	1,97	<b>27,44</b>
LTR2P1	22,58	20,17	21,37	1,70	
LTR3P1	28,18	34,16	31,17	4,23	
LTR1P2	25,13	27,24	26,18	1,50	<b>26,58</b>
LTR2P2	26,24	23,04	24,64	2,26	
LTR3P2	27,34	30,52	28,93	1,59	
CL6R1P1	53,83	49,52	51,68	3,04	<b>51,26</b>
CL6R2P1	61,90	62,77	62,33	0,61	
CL6R3P1	41,34	38,23	39,79	2,20	
CL6R1P2	57,23	54,15	55,69	2,18	<b>52,36</b>
CL6R2P2	56,70	58,44	57,57	1,23	
CL6R3P2	44,21	43,42	43,81	0,56	
CL10R1P1	43,38	39,21	41,29	2,95	<b>39,08</b>
CL10R2P1	41,71	37,08	39,39	3,27	
CL10R3P1	37,47	35,65	36,56	1,29	
CL10R1P2	44,68	41,35	43,01	2,36	<b>39,86</b>
CL10R2P2	40,39	36,21	38,30	2,95	
CL10R3P2	39,24	37,28	38,26	1,39	

**Tabla IV: Fraccionamiento orgánico.****(expresados como gramos de Humina por 100 gramos de suelo seco)**

Suelo	Res-Hum (g/100g ss)	$\bar{x}$ Duplicados	$\sigma$	$\bar{x}$ Repeticiones
LTR1P1 (1)	94,54	95,04	0,70	<b>95,67</b>
LTR1P1 (2)	95,54			
LTR2P1 (1)	95,64	95,72	0,11	
LTR2P1 (2)	95,80			
LTR3P1 (1)	96,22	96,26	0,06	
LTR3P1 (2)	96,31			
LTR1P2 (1)	95,99	96,14	0,20	<b>96,47</b>
LTR1P2 (2)	96,28			
LTR2P2 (1)	95,94	95,93	0,02	
LTR2P2 (2)	95,92			
LTR3P2 (1)	97,25	97,34	0,13	
LTR3P2 (2)	97,44			
CL6R1P1 (1)	95,53	95,43	0,14	<b>94,80</b>
CL6R1P1 (2)	95,33			
CL6R2P1 (1)	94,17	94,03	0,19	
CL6R2P1 (2)	93,89			
CL6R3P1 (1)	94,93	94,95	0,02	
CL6R3P1 (2)	94,96			
CL6R1P2 (1)	96,26	96,35	0,12	<b>95,85</b>
CL6R1P2 (2)	96,43			
CL6R2P2 (1)	94,34	94,30	0,05	
CL6R2P2 (2)	94,27			
CL6R3P2 (1)	96,97	96,89	0,12	
CL6R3P2 (2)	96,81			
CL10R1P1 (1)	96,85	96,89	0,05	<b>95,83</b>
CL10R1P1 (2)	96,93			
CL10R2P1 (1)	94,61	94,70	0,12	
CL10R2P1 (2)	94,79			
CL10R3P1 (1)	96,13	95,89	0,34	
CL10R3P1 (2)	95,65			
CL10R1P2 (1)	97,30	97,21	0,13	<b>96,44</b>
CL10R1P2 (2)	97,12			
CL10R2P2 (1)	95,81	95,86	0,07	
CL10R2P2 (2)	95,90			
CL10R3P2 (1)	96,13	96,27	0,20	
CL10R3P2 (2)	96,41			

**(1) y (2) Duplicados**

**Tabla V: Fraccionamiento orgánico.****(expresados como gramos de ácido húmico por 100 gramos de suelo seco)**

Suelo	HA (g/100gss)	$\bar{x}$ Duplicados	$\sigma$	$\bar{x}$ Repeticiones
LTR1P1 (1)	0,3858	0,37	0,02	<b>0,32</b>
LTR1P1 (2)	0,3637			
LTR2P1 (1)	0,2642	0,27	0,01	
LTR2P1 (2)	0,2784			
LTR3P1 (1)	0,3297	0,32	0,01	
LTR3P1 (2)	0,3183			
LTR1P2 (1)	0,3867	0,39	0,00	<b>0,32</b>
LTR1P2 (2)	0,3905			
LTR2P2 (1)	0,2579	0,25	0,00	
LTR2P2 (2)	0,2511			
LTR3P2 (1)	0,3262	0,32	0,01	
LTR3P2 (2)	0,3150			
CL6R1P1 (1)	0,7755	0,77	0,01	<b>0,70</b>
CL6R1P1 (2)	0,7557			
CL6R2P1 (1)	0,8120	0,80	0,01	
CL6R2P1 (2)	0,7963			
CL6R3P1 (1)	0,5283	0,54	0,02	
CL6R3P1 (2)	0,5531			
CL6R1P2 (1)	0,6212	0,63	0,01	<b>0,58</b>
CL6R1P2 (2)	0,6325			
CL6R2P2 (1)	0,6989	0,68	0,02	
CL6R2P2 (2)	0,6686			
CL6R3P2 (1)	0,4242	0,44	0,02	
CL6R3P2 (2)	0,4460			
CL10R1P1 (1)	0,4578	0,45	0,01	<b>0,65</b>
CL10R1P1 (2)	0,4425			
CL10R2P1 (1)	0,8224	0,82	0,00	
CL10R2P1 (2)	0,8201			
CL10R3P1 (1)	0,6819	0,68	0,00	
CL10R3P1 (2)	0,6816			
CL10R1P2 (1)	0,3628	0,37	0,02	<b>0,47</b>
CL10R1P2 (2)	0,3856			
CL10R2P2 (1)	0,5299	0,53	0,00	
CL10R2P2 (2)	0,5268			
CL10R3P2 (1)	0,5141	0,51	0,01	
CL10R3P2 (2)	0,5019			

**Tabla VI: Fraccionamiento orgánico.**

*(expresados como gramos de ácido fúlvico por 100 gramos de suelo seco)*

Suelo	FA (g/100gss)	$\bar{x}$ Duplicados	$\sigma$	$\bar{x}$ Repeticiones
LTR1P1 (1)	0,4091	0,42	0,01	<b>0,44</b>
LTR1P1 (2)	0,4218			
LTR2P1 (1)	0,5010	0,52	0,02	
LTR2P1 (2)	0,5300			
LTR3P1 (1)	0,3796	0,39	0,02	
LTR3P1 (2)	0,4061			
LTR1P2 (1)	0,3468	0,36	0,02	<b>0,42</b>
LTR1P2 (2)	0,3687			
LTR2P2 (1)	0,5237	0,50	0,04	
LTR2P2 (2)	0,4736			
LTR3P2 (1)	0,4289	0,41	0,02	
LTR3P2 (2)	0,3962			
CL6R1P1 (1)	0,6236	0,62	0,01	<b>0,56</b>
CL6R1P1 (2)	0,6109			
CL6R2P1 (1)	0,7504	0,74	0,01	
CL6R2P1 (2)	0,7301			
CL6R3P1 (1)	0,3218	0,33	0,01	
CL6R3P1 (2)	0,3299			
CL6R1P2 (1)	0,3720	0,37	0,00	<b>0,47</b>
CL6R1P2 (2)	0,3695			
CL6R2P2 (1)	0,6927	0,68	0,02	
CL6R2P2 (2)	0,6625			
CL6R3P2 (1)	0,3627	0,36	0,01	
CL6R3P2 (2)	0,3526			
CL10R1P1 (1)	0,5758	0,56	0,02	<b>1,00</b>
CL10R1P1 (2)	0,5421			
CL10R2P1 (1)	1,3585	1,31	0,07	
CL10R2P1 (2)	1,2653			
CL10R3P1 (1)	1,0784	1,13	0,07	
CL10R3P1 (2)	1,1793			
CL10R1P2 (1)	0,4668	0,45	0,02	<b>0,90</b>
CL10R1P2 (2)	0,4341			
CL10R2P2 (1)	1,2106	1,25	0,05	
CL10R2P2 (2)	1,2804			
CL10R3P2 (1)	0,9404	0,99	0,07	
CL10R3P2 (2)	1,0399			

**Tabla VII: Contenido de Carbono y Nitrógeno total.**  
**(expresados como gramos por 100 gramos de suelo seco)**

Suelo	g C/100g ss	$\bar{x}$	$\sigma$		g N/100g ss	$\bar{x}$	$\sigma$
LTR1P1	2,00	<b>1,91</b>	0,15		0,14	<b>0,13</b>	0,01
LTR2P1	1,99				0,14		
LTR3P1	1,73				0,12		
LTR1P2	2,27	<b>1,98</b>	0,25		0,16	<b>0,14</b>	0,02
LTR2P2	1,88				0,13		
LTR3P2	1,80				0,13		
CL6R1P1	3,16	<b>2,83</b>	0,38		0,26	<b>0,23</b>	0,04
CL6R2P1	2,93				0,24		
CL6R3P1	2,41				0,18		
CL6R1P2	2,56	<b>2,57</b>	0,50		0,21	<b>0,21</b>	0,05
CL6R2P2	3,08				0,26		
CL6R3P2	2,08				0,16		
CL10R1P1	2,34				0,17		
CL10R2P1	2,86	<b>2,50</b>	0,31		0,22	<b>0,19</b>	0,03
CL10R3P1	2,30				0,18		
CL10R1P2	1,74				0,13		
CL10R2P2	2,38	<b>2,19</b>	0,39		0,17	<b>0,16</b>	0,03
CL10R3P2	2,44				0,19		

<b><u>ÍNDICE</u></b>	<b>Pag.</b>
Resumen.....	1
Summary.....	3
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	5
2. <u>OBJETIVOS</u> .....	10
2.1. Objetivo General.....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	11
3.1. Descripción de las muestras.....	11
3.2. Metodología de Análisis.....	11
3.2.1. Fraccionamiento de la materia orgánica del suelo.....	11
3.2.2. Determinación de Carbono y Nitrógeno total en el suelo.....	12
y en las fracciones orgánicas estables (ácido húmico, ácido fúlvico y humina)	
3.2.3. Determinación de hidratos de carbono por el Método de la Antrona.....	14
3.2.4. Determinación de Carbonatos.....	16
3.2.5. Determinación de Nitrógeno inorgánico en formas de nitrato y amonio.....	16
3.2.6. pH .....	16
3.2.7. Humedad.....	16
3.2.8. Capacidad máxima de retención de agua (WHC).....	16
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	18
4.1. Presentación y validez de los datos.....	18
4.2. Propiedades generales de los suelos.....	19
4.3. Capacidad máxima de retención de agua (WHC).....	20
4.4. Contenido de Hidratos de Carbono Lábil.....	21
4.5. Contenido de Hidratos de Carbono Totales (HCt).....	21
4.6. Rendimiento de extracción materia orgánica y pesos por fracción.....	23
4.7. Contenido porcentual de Carbono en las fracciones orgánicas estables.....	26
4.8. Balance de Carbono.....	27
4.9. Contenido porcentual de Nitrógeno en las fracciones orgánicas estables.....	31
4.10. Balance de Nitrógeno.....	32
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	34
6. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	36
ANEXOS.....	38

**Tabla VIII: Contenido de Carbono en las fracciones orgánicas.  
(Residuo Humina)**

Suelo	1º Duplicado	$\bar{x}$	2º Duplicado	$\bar{x}$	1º Duplicado	$\bar{x}$	2º Duplicado	$\bar{x}$	1º Duplicado	2º Duplicado	$\bar{x}$	$\sigma$
	g C/100g Res-Hum		g C/100g Res-Hum		g Res- Hum/100g ss		g Res- Hum/100g ss		g C-Res-Hum/100g ss			
LTR1P1	1,31	1,28	1,30	1,29	94,54	95,71	95,54	96,18	1,23	1,24	<b>1,24</b>	0,01
LTR2P1	1,44		1,21		95,60		95,80					
LTR3P1	1,10		1,37		97,00		97,20					
LTR1P2	1,31	1,21	1,31	1,26	96,00	96,70	96,30	96,80	1,17	1,22	<b>1,19</b>	0,03
LTR2P2	1,21		1,18		96,80		96,70					
LTR3P2	1,12		1,28		97,30		97,40					
CL6R1P1	1,67	1,66	1,66	1,51	95,50	95,15	95,30	95,00	1,58	1,43	<b>1,51</b>	0,11
CL6R2P1	1,85		1,62		94,20		93,90					
CL6R3P1	1,47		1,24		95,75		95,80					
CL6R1P2	1,55	1,50	1,52	1,43	96,26	95,86	96,40	95,82	1,44	1,37	<b>1,41</b>	0,05
CL6R2P2	1,63		1,54		94,34		94,27					
CL6R3P2	1,33		1,24		96,97		96,80					
CL10R1P1	1,31	1,43	1,43	1,44	96,85	95,86	96,93	95,79	1,37	1,38	<b>1,38</b>	0,01
CL10R2P1	1,61		1,58		94,60		94,79					
CL10R3P1	1,36		1,32		96,13		95,65					
CL10R1P2	1,48	1,42	1,36	1,34	97,30	96,41	97,12	96,47	1,37	1,29	<b>1,33</b>	0,05
CL10R2P2	1,28		1,41		95,80		95,90					
CL10R3P2	1,49		1,25		96,13		96,40					

**Tabla IX: Contenido de Carbono en las fracciones orgánicas.  
(Ácido Húmico)**

Suelo	1° Duplicado	$\bar{x}$	2° Duplicado	$\bar{x}$	1° Duplicado	$\bar{x}$	2° Duplicado	$\bar{x}$	1° Duplicado	2° Duplicado	$\bar{x}$	$\sigma$
	g C/100g HA		g C/100g HA		g HA/100g ss		g HA/100g ss		g C-HA/100g ss			
LTR1P1	50,54	49,93	51,44	49,88	0,39	0,33	0,36	0,32	0,1631	0,1596	<b>0,16</b>	0,00
LTR2P1	49,79		48,2		0,26		0,28					
LTR3P1	49,45		50		0,33		0,32					
LTR1P2	50,04	49,44	49,3	49,13	0,39	0,33	0,39	0,32	0,1615	0,1572	<b>0,16</b>	0,00
LTR2P2	47,8		48		0,26		0,25					
LTR3P2	50,47		50,1		0,33		0,32					
CL6R1P1	49,76	50,37	49,4	50,43	0,76	0,70	0,76	0,71	0,3526	0,3564	<b>0,35</b>	0,00
CL6R2P1	50,87		51		0,81		0,80					
CL6R3P1	50,48		50,9		0,53		0,56					
CL6R1P2	50,13	50,06	49,2	49,85	0,62	0,58	0,63	0,58	0,2910	0,2908	<b>0,29</b>	0,00
CL6R2P2	49,74		49,98		0,70		0,67					
CL6R3P2	50,3		50,37		0,42		0,45					
CL10R1P1	51,63	51,18	50,77	50,76	0,46	0,65	0,44	0,65	0,3347	0,3283	<b>0,33</b>	0,00
CL10R2P1	51,35		51,5		0,82		0,82					
CL10R3P1	50,56		50,02		0,68		0,68					
CL10R1P2	49,38	49,98	50,06	50,07	0,36	0,47	0,39	0,47	0,2332	0,2370	<b>0,24</b>	0,00
CL10R2P2	50,9		50,74		0,53		0,53					
CL10R3P2	49,65		49,4		0,51		0,50					

**Tabla X: Contenido de Carbono en las fracciones orgánicas.  
(Ácido Fúlvico)**

Suelo	1º Duplicado	$\bar{x}$	2º Duplicado	$\bar{x}$	1º Duplicado	$\bar{x}$	2º Duplicado	$\bar{x}$	1º Duplicado	2º Duplicado	$\bar{x}$	$\sigma$
	g C/100g FA		g C/100g FA		g FA/100g ss		g FA/100g ss		g C-FA/100g ss			
LTR1P1	20,76	15,76	15,11	13,82	0,41	0,43	0,42	0,52	0,0678	0,0723	<b>0,07</b>	0,00
LTR2P1	9,19		11,66		0,50		0,74					
LTR3P1	17,34		14,68		0,38		0,41					
LTR1P2	24,55	16,45	24,5	18,37	0,35	0,44	0,37	0,42	0,0718	0,0765	<b>0,07</b>	0,00
LTR2P2	9,29		12,2		0,53		0,48					
LTR3P2	15,5		18,4		0,43		0,40					
CL6R1P1	19,6	24,47	21,56	24,27	0,62	0,57	0,61	0,56	0,1383	0,1353	<b>0,14</b>	0,00
CL6R2P1	23,11		24,35		0,75		0,73					
CL6R3P1	30,7		26,9		0,33		0,33					
CL6R1P2	24,52	24,17	25,87	26,18	0,37	0,48	0,37	0,46	0,1149	0,1208	<b>0,12</b>	0,00
CL6R2P2	21,22		26,09		0,69		0,66					
CL6R3P2	26,77		26,57		0,36		0,35					
CL10R1P1	11,19	9,57	12,23	9,95	0,58	1,01	0,54	1,00	0,0962	0,0990	<b>0,10</b>	0,00
CL10R2P1	5,89		7,91		1,36		1,27					
CL10R3P1	11,64		9,7		1,08		1,18					
CL10R1P2	24,2	13,88	17,3	11,28	0,47	0,87	0,43	0,92	0,1211	0,1035	<b>0,11</b>	0,01
CL10R2P2	7,09		6,93		1,21		1,28					
CL10R3P2	10,34		9,6		0,94		1,04					

**Tabla XI: Contenido de Nitrógeno en las fracciones orgánicas.  
(Residuo Humina)**

Suelo	1° Duplicado	$\bar{x}$	2° Duplicado	$\bar{x}$		1° Duplicado	$\bar{x}$	2° Duplicado	$\bar{x}$		1° Duplicado		2° Duplicado	$\bar{x}$	$\sigma$
	g N/100g Res-Hum		g N/100g Res-Hum			g Res-Hum/100g ss		g Res-Hum/100g ss			g N-Res-Hum/100g ss		Duplicado		
LTR1P1	0,070	0,067	0,070	0,063		94,54	95,71	95,54	96,18		0,064		0,061	<b>0,062</b>	0,00
LTR2P1	0,090		0,060		95,60	95,80									
LTR3P1	0,040		0,060		97,00	97,20									
LTR1P2	0,060	0,053	0,060	0,050		96,00	96,70	96,30	96,80		0,051		0,048	<b>0,050</b>	0,00
LTR2P2	0,060		0,050		96,80	96,70									
LTR3P2	0,038		0,040		97,30	97,40									
CL6R1P1	0,087	0,081	0,087	0,069		95,50	95,15	95,30	95,00		0,077		0,066	<b>0,071</b>	0,01
CL6R2P1	0,086		0,080		94,20	93,90									
CL6R3P1	0,070		0,040		95,75	95,80									
CL6R1P2	0,090	0,069	0,070	0,064		96,26	95,86	96,40	95,82		0,066		0,061	<b>0,064</b>	0,00
CL6R2P2	0,069		0,070		94,34	94,27									
CL6R3P2	0,048		0,051		96,97	96,80									
CL10R1P1	0,049	0,074	0,060	0,072		96,85	95,86	96,93	95,79		0,071		0,069	<b>0,070</b>	0,00
CL10R2P1	0,072		0,067		94,60	94,79									
CL10R3P1	0,100		0,090		96,13	95,65									
CL10R1P2	0,070	0,076	0,040	0,065		97,30	96,41	97,12	96,47		0,073		0,063	<b>0,068</b>	0,01
CL10R2P2	0,047		0,065		95,80	95,90									
CL10R3P2	0,110		0,090		96,13	96,40									

**Tabla XII: Contenido de Nitrógeno en las fracciones orgánicas.  
(Ácido Húmico)**

Suelo	1° Duplicado		2° Duplicado		1° Duplicado		2° Duplicado		1° Duplicado		2° Duplicado		$\bar{x}$	$\sigma$
	g N/100g HA	$\bar{x}$	g N/100g HA	$\bar{x}$	g HA/100g ss	$\bar{x}$	g HA/100g ss	$\bar{x}$	g N-HA/100g ss	$\bar{x}$	$\sigma$			
LTR1P1	5,47	5,56	5,56	5,66	0,39	0,33	0,36	0,32	0,0182	0,0181	<b>0,018</b>	0,00		
LTR2P1	5,76		5,8		0,26		0,28							
LTR3P1	5,45		5,63		0,33		0,32							
LTR1P2	5,46	5,64	5,4	5,54	0,39	0,33	0,39	0,32	0,0184	0,0177	<b>0,018</b>	0,00		
LTR2P2	5,59		5,6		0,26		0,25							
LTR3P2	5,86		5,61		0,33		0,32							
CL6R1P1	5,12	5,36	5,09	5,29	0,76	0,70	0,76	0,71	0,0375	0,0374	<b>0,037</b>	0,00		
CL6R2P1	5,16		5,34		0,81		0,80							
CL6R3P1	5,8		5,45		0,53		0,56							
CL6R1P2	5,26	5,33	5,17	5,34	0,62	0,58	0,63	0,58	0,0310	0,0311	<b>0,031</b>	0,00		
CL6R2P2	5,14		5,19		0,70		0,67							
CL6R3P2	5,59		5,65		0,42		0,45							
CL10R1P1	5,63	5,57	5,64	5,45	0,46	0,65	0,44	0,65	0,0364	0,0352	<b>0,036</b>	0,00		
CL10R2P1	5,29		5,16		0,82		0,82							
CL10R3P1	5,79		5,54		0,68		0,68							
CL10R1P2	5,32	5,45	5,41	5,53	0,36	0,47	0,39	0,47	0,0254	0,0262	<b>0,026</b>	0,00		
CL10R2P2	5,4		5,43		0,53		0,53							
CL10R3P2	5,64		5,74		0,51		0,50							

**Tabla XIII: Contenido de Nitrógeno en las fracciones orgánicas.  
(Ácido Fúlvico)**

Suelo	1°	$\bar{x}$	2°	$\bar{x}$		1°	$\bar{x}$	2°	$\bar{x}$		1°		2°	$\bar{x}$	$\sigma$
	Duplicado g N/100g FA		Duplicado g N/100g FA			Duplicado g FA/100g ss		Duplicado g FA/100g ss			Duplicado g N-FA/100g ss		Duplicado g N-FA/100g ss		
LTR1P1	1,89	1,53	1,44	1,39		0,41	0,43	0,42	0,52		0,0066		0,0073	<b>0,007</b>	0,00
LTR2P1	0,99		1,25		0,50	0,74									
LTR3P1	1,72		1,47		0,38	0,41									
LTR1P2	2,28	1,61	2,36	1,82		0,35	0,44	0,37	0,42		0,0070		0,0076	<b>0,007</b>	0,00
LTR2P2	0,99		1,29		0,53	0,48									
LTR3P2	1,55		1,82		0,43	0,40									
CL6R1P1	1,71	2,11	1,77	2,05		0,62	0,57	0,61	0,56		0,0119		0,0114	<b>0,012</b>	0,00
CL6R2P1	2,01		2,00		0,75	0,73									
CL6R3P1	2,62		2,37		0,33	0,33									
CL6R1P2	2,19	2,19	2,24	2,33		0,37	0,48	0,37	0,46		0,0104		0,0107	<b>0,011</b>	0,00
CL6R2P2	1,75		2,11		0,69	0,66									
CL6R3P2	2,63		2,63		0,36	0,35									
CL10R1P1	0,89	0,95	1,09	1,03		0,58	1,01	0,54	1,00		0,0095		0,0103	<b>0,010</b>	0,00
CL10R2P1	0,65		0,87		1,36	1,27									
CL10R3P1	1,30		1,14		1,08	1,18									
CL10R1P2	1,95	1,34	1,44	1,15		0,47	0,87	0,43	0,92		0,0117		0,0106	<b>0,011</b>	0,00
CL10R2P2	0,78		0,76		1,21	1,28									
CL10R3P2	1,30		1,25		0,94	1,04									