

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MODALIDAD PASANTÍA

RES. Nº 11.152/19-C.D.

TÍTULO

Determinación de algunas variables edáficas en Molisoles
del Chaco semiárido

Alumno: Samuel Natanael Tessaro

Asesora: Ing. Agr. Silvia Amanda Arzuaga

Cátedra de Edafología

-Año 2021-

ÍNDICE DE CONTENIDOS	PÁGINA
1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. Lugar de realización	5
4. Descripción de las tareas desarrolladas	5
4.1 Acondicionamiento de las muestras de suelo	7
4.2 Determinaciones físico-químicas, físicas y químicas	7
4.2.1 Determinación de pH en solución acuosa, relación suelo: agua= 1: 2,5.	7
4.2.2 Determinación de Humedad equivalente (H.E.)	8
4.2.3 Determinación de Nitrógeno potencialmente mineralizable por mineralización anaeróbica (Nan)	9
4.2.4 Determinación de Carbono orgánico del suelo	12
4.2.5 Fraccionamiento granulométrico para determinar carbono orgánico particulado del suelo	14
5. Resultados	15
6. Análisis estadístico de los datos.	21
7. Comentarios finales.	24
8. Bibliografía.	25
9. Anexos.	27

1. INTRODUCCIÓN

En la Provincia del Chaco, la agricultura, la ganadería y la explotación forestal han modificado profundamente la composición de las comunidades vegetales, sea destruyendo el estrato herbáceo y facilitando la invasión por especies arbustivas, sea eliminando las especies forestales más valiosa o bien talando y quemando totalmente el bosque para crear campos destinados a la agricultura.

En los últimos 30 años se ha dado un aumento en las prácticas agrícolas que se inclinan a manejos de no labranza o siembra directa (SD) sobre la base de que ésta forma de producción de cultivos resulta adecuada en relación a la productividad y conservación del suelo. En la región Chaqueña a mediados de la década del '90 se produjo la introducción de la SD. Esta técnica se adoptó en el país por los bajos costos de producción, por la posibilidad de incorporar áreas menos productivas (Derpsch et al., 2010), por el ahorro de tiempo operativo y por la nula remoción de suelo que permite reducir la erosión, recuperar la estabilidad de agregados, conservar el agua y aumentar el secuestro de carbono (Panigatti et al., 2001). Pese a tener muchas ventajas, la SD puede impactar negativamente sobre algunas propiedades del suelo, ya que reduce la formación mecánica de macroporos y se tiende a la formación de estructuras de tipo laminar y masiva (Álvarez et al., 2012). Esto se debe al tránsito de las maquinarias pesadas que producen compactación excesiva, sobre todo cuando el suelo se encuentra húmedo (Botta et al., 2004).

Los cambios de uso del suelo, en particular, de suelos naturales a cultivados, pueden resultar en cambios significativos en los procesos y propiedades del suelo y, por lo tanto, en el funcionamiento del mismo (Dawson & Smith, 2007). Dichos cambios provocan notables alteraciones en los aportes y dinámica del carbono orgánico total (CO) (Riesi, 2006), que regulan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Li et al., 2009).

El CO en los suelos agrícolas tiene un tiempo de ciclado de décadas o siglos, por tanto, los cambios debidos a las prácticas de manejo y al uso del suelo son difíciles de detectar (Purakayastha et al., 2008). Sin embargo, fracciones orgánicas lábiles como el carbono orgánico particulado (COP) se han utilizado en lugar del CO como indicadores sensibles de los cambios en la calidad del suelo (Eiza et al., 2005). El COP está físicamente protegido en los agregados, lo que influye en diferentes procesos que tienen un profundo efecto sobre su dinámica, la estabilidad de los agregados y el ciclo de los nutrientes en el suelo (Six et al., 2004).

La intensificación de la agricultura en los últimos años ha producido una disminución del contenido de materia orgánica (MO) de los suelos (Sainz Rozas et al., 2011) afectando sus diferentes fracciones orgánicas. Así como también, la implementación de los sistemas de labranza de conservación, como la SD han afectado la capacidad de mineralización del nitrógeno en el suelo (N) (Sharifi et al., 2007).

El concepto de nitrógeno potencialmente mineralizable (NPM) fue propuesto inicialmente por Stanford y Smith (1972) y se refiere a la cantidad del N orgánico edáfico que puede ser convertido por la actividad de la biomasa microbiana a formas inorgánicas solubles, lo cual es una alternativa eficaz para cuantificar el aporte de N del suelo para los cultivos, ya sea para generar recomendaciones de aplicación de fertilizantes nitrogenados (Campbell et al., 1996) o para evaluar la eficacia de nuevas alternativas analíticas (Gianello y Bremner, 1986).

Las formas orgánicas de N constituyen hasta el 95% del N total en la capa arable de los suelos. A pesar de la gran cantidad de N orgánico que se encuentra en el suelo, se estima que sólo del 1 al 3% del total es mineralizado (Curtin & Wen, 1999).

El pH es la propiedad química más importante del suelo ya que afecta numerosas reacciones y procesos: controla la movilidad de iones, la precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. Puede ser la causa de que se presente deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados (Benton, 2003). Por otra parte, valores extremos del pH pueden afectar la estructura del suelo (Edward, 2000).

La determinación de pH también es calificada como útil para ser empleada en investigación, extensión y asesoramiento. En general, el pH óptimo de los suelos agrícolas debe variar entre 6.5 y 7.0 para obtener los mejores rendimientos y la mayor productividad, ya que entre estos valores se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes (Prasad and Power, 1997).

La humedad equivalente se define como el porcentaje de agua retenida por el suelo a una fuerza de 1000 veces la gravedad, durante media hora. Es la capacidad de los suelos de almacenar agua y varía conforme a las propiedades que le confieren la textura, los coloides, tamaño y distribución de poros, contenido de materia orgánica, entre otros factores. Esta retención de humedad está íntimamente ligada a la disponibilidad de agua para las plantas. Su determinación constituye una estimación de la capacidad de campo, especialmente para suelos fracos, ya que a medida que aumenta el contenido de arena o arcilla, los valores varían en forma significativa. El método de la centrífuga consiste en determinar el contenido de agua retenida en el suelo, por medio de una centrífuga, al ejercer una acción de 1000 veces la aceleración de la gravedad (Montenegro González et al., 1990).

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

Realizar una práctica profesional de laboratorio determinando algunas variables edáficas en Molisoles de la Provincia del Chaco.

Objetivos específicos:

Entrenamiento en la determinación de:

- pH.
 - Humedad equivalente de suelo.
 - Nitrógeno potencialmente mineralizable del suelo.
 - Carbono orgánico del total del suelo.
 - Carbono orgánico particulado del suelo.

3. LUGAR DE REALIZACIÓN

Las determinaciones correspondientes se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Cátedra de Edafología. Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE. Sargento Cabral 2131. Corrientes.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DESARROLLADAS.

El trabajo desarrollado en la Pasantía se dividió en distintas etapas:

- Acondicionamiento de las muestras de suelos.
 - Determinaciones físicas-químicas
 - Determinaciones físicas
 - Determinaciones químicas
 - Obtención de resultados, confección de tablas.

Muestras a analizar:

Se trabajó con muestras de suelo previamente tomadas en la provincia del Chaco (departamento Almirante Brown), en particular del orden de los Molisoles, correspondientes a campos de productores ubicados entre las isohietas de 800 y 900 mm (Figura 1) donde fueron seleccionados lotes con bosque nativo y con siembra directa con rotaciones. Esto fue realizado con el apoyo en imágenes satelitales y mapas de suelos del área en estudio.

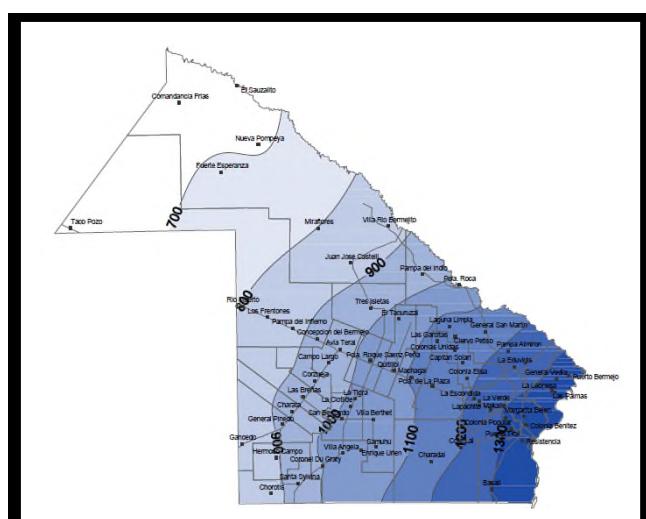


Figura 1. Isohietas Medias Anuales de la Provincia del Chaco Período: 1956 -2010.

Se empleó un diseño de muestreo completo al azar con dos tratamientos.

Los tratamientos seleccionados fueron:

Sistema natural: bosque nativo (BN), bosques secundarios semidensos (alrededor de 2000 tallos ha⁻¹), con dosel de 10 – 15 m de altura. Las especies que más abundan son *Aspidosperma quebracho blanco* (quebracho blanco), *Schinopsis quebracho colorado* (quebracho colorado), *Ruprechtia triflora* (duraznillo), *Ceiba insignis* (palo borracho blanco), *Capparis speciosa* (sacha limón), *C. salicifolia* (sacha membrillo), *Ziziphus mistol* (mistol), *Prosopis kuntzei* (itín), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *P. nigra* (algarrobo negro), entre otras. En pastizales y sabanas abiertas se encuentran principalmente *Schinopsis heterophylla* (quebracho colorado mestizo), *Jacaranda cuspidifolia* (jacarandá), *Celtis iguanea* (tala trepadora), *Phyllostylon rhamnoides* (palo lanza), *Acacia aroma* (aromito), *Elionorus muticus* (aibe) (Morello et al, 2012).

Sistema agrícola bajo siembra directa con rotaciones (SD): lotes desmontados con más de 5 años de agricultura bajo siembra directa con cultivos anuales en rotación (Soja / Maíz o Soja/Algodón), según rotación más frecuente de la zona.

De cada tratamiento se seleccionaron 9 lotes al azar y en cada uno se tomaron muestras compuestas al azar en parcelas de 100 m² (áreas homogéneas y representativas de los lotes para reducir la variabilidad espacial), donde las muestras compuestas fueron extraídas a las siguientes profundidades: 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 y 0,20-0,30 m. Este muestreo fue realizado por la Cátedra de Edafología, dentro de uno de los Proyectos de Investigación que lleva adelante la misma.



Figura 2. Sistema de Siembra directa con rotaciones.

Tareas de Laboratorio:

4.1 Acondicionamiento de las muestras de suelo.

Al ingresar las muestras al laboratorio fueron secadas al aire y rotuladas para su posterior acondicionamiento. Se procedió a desterronar, secar al aire y luego a su molienda con mortero y pistilo de porcelana para luego pasarlas por tamiz Nº 10 de apertura de malla de 2mm. Luego fueron almacenadas en un lugar fresco y seco en bolsas de polietileno limpias para su posterior análisis.

4.2 Determinaciones físicas, químicas y físico-químicas.

Una vez acondicionadas las muestras y el material necesario, se procedió a realizar las determinaciones de laboratorio con el fin de caracterizar los suelos muestreados. Estas determinaciones permitirán observar posibles diferencias en los distintos lotes y situaciones.

Las determinaciones que se realizaron sobre el material muestreado son:

- **pH:** Potenciométricamente en relación 1:2,5 en agua. (Dewis y Freitas, 1970).
- **Humedad equivalente:** Método de la Centrífuga. (Montenegro González et al., 1990).
- **Carbono orgánico total (COT):** método de Walkley-Black (Jackson, 1970).
- **Carbono orgánico Particulado del suelo:** se procedió al fraccionamiento físico de las muestras de suelo de las cuatro profundidades muestreadas.
- **Nitrógeno potencialmente mineralizable anaeróbico (Nan):** Método de Waring & Bremner (1964), modificado por Keeney (1982) cit. en Page et al. (1982).

Descripción de la metodología empleada en las distintas determinaciones:

4.2.1 Determinación de pH en solución acuosa, relación suelo: agua= 1: 2,5.

Para la determinación del pH se usó un peachímetro de lectura directa, que emplea un electrodo de vidrio con un electrodo de referencia (Foto Nº 1). La preparación de la suspensión suelo-líquido en relación 1:2,5 se realizó pesando 10 g de suelo (suelo tamizado por 2 mm) seco al aire, en un vaso de 50 ml., se agregaron 25 ml. de agua destilada y se homogeneizó la suspensión dejándola en reposo durante 30 minutos. La lectura se realizó de forma directa, una vez agitada nuevamente la solución

introduciendo el electrodo del potenciómetro en la misma, registrando en planilla los valores arrojados digitalmente, corregidos por temperatura por el aparato. Previo a la medición del pH, el equipo fue calibrado con las soluciones amortiguadoras correspondientes de pH 4 y pH 7. Los valores de las lecturas se presentan en la Tabla Nº1.



Foto Nº 1. Peachímetro de lectura directa.

4.2.2 Determinación de Humedad equivalente (H.E.)

La humedad equivalente es un valor que trata de reflejar en laboratorio la máxima capacidad de retención hídrica en un suelo. Para su determinación se usó el método de la centrífuga que consiste en drenar una muestra de suelo, previamente saturada con agua destilada, aplicando una fuerza de succión conocida (1000 veces la fuerza de gravedad), para luego realizar la determinación gravimétrica del contenido de agua, que equivaldría al agua a capacidad de campo.

Se tomaron celdillas de metal cuya base posee una malla metálica en las que se colocó 30 gramos de suelo seco al aire sobre un papel de filtro realizando estas operaciones por duplicado.

Seguidamente en una bandeja se sumergió las celdillas en agua destilada, hasta una altura de la mitad de las mismas sin cubrir el suelo, para dejarlas durante 24 horas y así permitir que el agua sature el suelo por capilaridad.

Pasado el tiempo requerido para saturar la muestra de suelo se retiró las celdillas del agua dejándolas escurrir unos minutos sobre un trapo húmedo.

Se colocó en la centrífuga las celdillas enfrentando los duplicados de cada muestra, y se puso en funcionamiento durante 40 minutos a una velocidad de 2440 rpm (velocidad equivalente a 1000 veces la fuerza de la gravedad).

Luego se extrajo las celdillas del aparato y tomando una porción de suelo se puso en un pesafiltro, previamente tarado, pesando y registrando tara y peso húmedo del suelo (T+PH).

Los pesafiltros se llevan a estufa a 105°C por 24-48 horas hasta obtener peso constante, para luego retirarlos y colocarlos en un desecador y así ser enfriados sin que la muestra absorba humedad del ambiente para luego pesar y registrar la tara y peso seco (T+PS). Por cálculo con los pesos del suelo en húmedo y en seco se obtuvo el valor de humedad equivalente para cada muestra, los cuales se brindan en Tabla Nº 2.



Foto Nº 2: Peso de las muestras en las celdillas de centrífuga.



Foto Nº 3: Centrífuga.

4.2.3 Determinación de Nitrógeno potencialmente mineralizable por mineralización anaeróbica (Nan)

El análisis se desarrolló en tres etapas, ya que se determinan el nitrógeno incubado y el inicial y por diferencia entre ellos se obtiene el nitrógeno mineralizable anaeróbicamente (Nan).

- Nitrógeno obtenido por incubación de 7 días

A. Extracción del nitrógeno incubado

Se pesó 5 g. de suelo en balanza analítica, tamizado por malla de 2 mm (Nº10) en tubos de centrifuga para luego agregar 15 ml de agua destilada y agitando suavemente para homogenizar la solución con los tubos tapados herméticamente se puso a incubar en estufa a 40° centígrados por 7 días.

Cumplido el tiempo de incubación las muestras fueron retiradas de la estufa y se adicionó 15 ml de CIK 4 N. Seguidamente las muestras fueron puestas a agitar por el tiempo de 1 hora a 125 r.p.m. con agitador mecánico tipo oscilatorio. Para que el suelo

esté en íntimo contacto con la solución extractante luego se centrifugó a 2800 r.p.m. por el tiempo de 6 minutos y el sobrenadante se recoge en un recipiente que permita su conservación y posterior destilación.



Foto Nº 4: Extractos para destilación.

B. Destilación por arrastre de vapor

Primero se enciende el equipo de destilación que se encuentra dentro de una campana para gases. Se preparan las drogas necesarias:

- NaOH (10N).
- Ácido bórico + indicadores.
- Luego se procede a la destilación del extracto obtenido: se tomó una alícuota (5 ml) que se introduce en un balón Kjeldahl de 250 ml, se adicionó 25 ml de agua destilada y 3 ml de NaOH 10N. Con el equipo de destilación en funcionamiento se comenzó la destilación recibiendo el destilado en 5 ml de solución de ácido bórico+ mezcla indicadora colocada en un Erlenmeyer de 50 ml, hasta el aforo de 25 ml.



Foto Nº 5. Proceso de destilación, método Kjeldahl.

C. Titulación

Se procede a preparar H_2SO_4 0,01N valorado, se carga la bureta automática e inmediatamente se procedió a titular el destilado con ácido sulfúrico de concentración 0,01N usando una micro bureta y agitador mecánico hasta viraje del indicador del color verde brillante al rosado.

Por esta metodología obteniendo los contenidos de nitrógeno incubado y nitrógeno inicial por diferencia de los mismos se adquiere los valores de nitrógeno potencialmente mineralizable por mineralización anaeróbica (Nan), los cuales se pueden observar en la Tabla N°3



Foto N° 6. Titulación con micro bureta.

- Nitrógeno inicial del suelo

Para la obtención del contenido de nitrógeno inicial se procedió a pesar 5 g. de suelo, tamizados por malla de 2 mm (Nº 10), con una balanza analítica en tubos de centrífuga, se adicionan 30 ml de CIK 2 N y así someter las muestras a un agitado mecánico durante 1 hora a 125 r.p.m, luego se centrifugan a 2800 r.p.m. por el tiempo de 6 minutos obteniendo así el sobrenadante (extracto). Seguidamente se realiza una destilación por arrastre de vapor y se determina el nitrógeno inicial que posee el suelo.

- Nitrógeno potencialmente mineralizable anaeróbico (Nan)

La fórmula empleada para calcular N inicial y N incubado del suelo es la siguiente:

$$\frac{\% \text{ de N} = (P - B) * N * \text{fac H}_2\text{SO}_4 * Vd * 100 * 0,014 * fc}{g \text{ de suelo . alícuota}}$$

Dónde:

P: ml de H₂SO₄ gastados en el problema.

B: ml de H₂SO₄ gastados en el blanco.

N: normalidad del ácido.

fac. H₂SO₄: factor de corrección del ácido valorado.

Vd: volumen de dilución.

0,014: meq del N

fc: factor de corrección de humedad de suelo seco a estufa (105°C)

Contenido de humedad de la muestra:

$$\%H = \left[\frac{(ph - ps)}{ps} \right] \times 100$$

Factor de corrección a partir de la humedad del suelo seco al aire.

$$fc = \frac{100}{100 - H}$$

Dónde:

fc: factor de corrección de humedad

H: porcentaje de humedad de suelo seco al aire

El nitrógeno mineralizado anaeróbicamente Nan se calcula haciendo la diferencia entre el N incubado y el N inicial del suelo.

$$Nan (\%) = N \text{ incubado (\%)} - N \text{ inicial (\%)}$$

Y multiplicando por 10000 el % N mineralizado de forma anaeróbica queda expresado el Nan en mg kg⁻¹ de suelo.

$$Nan (mg kg^{-1}) = N \text{ incubado (mg kg^{-1})} - N \text{ inicial (mg kg^{-1})}$$

4.2.4 Determinación de Carbono orgánico del suelo

Carbono orgánico total del suelo

Para la determinación del carbono orgánico en el total del suelo se recurrió al método de Walkley-Black que es un método de oxidación húmeda, que se basa en la oxidación húmeda del carbono del suelo con K₂Cr₂O₇ en medio ácido. La técnica consiste en someter una cierta cantidad de suelo fino y seco a la acción oxidante de un exceso de

dicromato de potasio en medio ácido para luego por titulación con una sal ferrosa valorada obtener el dicromato residual y por diferencia calcular el carbono orgánico del suelo.

Procedimiento

Para determinar materia orgánica se pesó en un matraz 0,10 g de suelo previamente pasado por un tamiz de 0,5 mm de malla (Nº 35). A continuación se añadieron mediante una pipeta 2,5 ml de K₂Cr₂O₇, de concentración 1N sobre el suelo, mezclando ambos mediante un movimiento circular impreso al matraz, de manera que todo el suelo se encuentre en íntimo contacto con el K₂Cr₂O₇. Se añadió seguidamente 5 ml de H₂SO₄ concentrado mezclando mediante un giro suave durante 1 minuto, para asegurar que todo el suelo se humedezca, con cuidado para evitar que el mismo no quede adherido a las paredes del matraz fuera del contacto con el reactivo, para luego dejar la mezcla en reposo durante 30 minutos.

Luego se continua, bajo campana, agregando 45 ml de agua destilada y 1 ml de H₃PO₄ al 85% para comenzar con la valoración por retroceso, adicionando 5 ml de difenil para-sulfonato de bario que nos permita observar el cambio de color al agregar mediante una bureta el reductor “sal de Mohr”, gota a gota hasta que se produce el cambio de color de marrón oscuro (debido a los iones cromo) pasando por un violáceo turbio intenso, hasta que en el punto final este color cambia bruscamente a verde brillante, donde el viraje se produce con una gota, obteniendo así el valor del dicromato residual. El mismo proceso se lleva adelante con un blanco (por duplicado también), para finalmente por diferencia determinar el contenido de carbono orgánico presente en el suelo cuyos valores se muestran en la tabla Nº 4.



Foto Nº 6: Muestras bajo campana preparadas para titular.



Foto Nº 7: Cambio de color marrón oscuro a verde intenso.

4.2.5 Fraccionamiento granulométrico para determinar carbono orgánico particulado del suelo

Para el fraccionamiento granulométrico del COP, se utilizó el tamizado en húmedo del suelo. Pesando 20 g de suelo previamente seco al aire y tamizado (2 mm) fueron dispersados en tubos de centrífuga con 20 ml de agua destilada más el agregado de diez bolitas de vidrio. (5 mm de diámetro) para aumentar la destrucción de los agregados y reducir posibles problemas creados por diferentes contenidos de arena. Las muestras fueron sometidas a dispersión mecánica a través de un agitador oscilatorio durante 16 horas para desintegrar los agregados. Luego se realizó el tamizado con un par de tamices de 105 μm y 53 μm de apertura de malla (tamices N° 270 y N°140 respectivamente), hasta que el agua que pasaba sale por el tamiz inferior (53 μm), fuera clara a simple vista. De esta manera se obtuvieron tres fracciones de diferente tamaño, fracción gruesa (105-2000 μm) en la que se encuentra el carbono orgánico particulado grueso (COPg) y las arenas medias y gruesas; fracción media (53-105 μm) constituida por el carbono orgánico particulado fino (COPf) y las arenas muy finas y la fracción fina ($< 53 \mu\text{m}$) la cual contiene el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) más limo y arcilla. El material retenido en cada tamiz se transfirió a cápsulas de aluminio para el secado en estufa a 55°C durante 24 horas hasta peso constante. Luego se sacan de la estufa y se las lleva a un desecador para que se enfrién y se las pesa, a fin de obtener así el peso exacto de cada fracción. Los datos se muestran en las Tablas Nº 5 y 6.



**Foto Nº 8: Tamices N° 270 y
140, para el Fraccionamiento
del suelo para determinar
carbono orgánico particulado
(COP).**

5. Resultados

Tabla Nº 1: Valores de pH correspondientes a los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD) en los distintos sitios de muestreos en sus cuatro profundidades.

Tratamiento	Lote	Profundidad	pH	Tratamiento	Lote	Profundidad	pH
BN	1	0 - 0,05	7,22	SD	1	0 - 0,05	6,57
BN	1	0,05 - 0,10	7,25	SD	1	0,05 - 0,10	6,79
BN	1	0,10 - 0,20	7,46	SD	1	0,10 - 0,20	7,19
BN	1	0,20 - 0,30	7,38	SD	1	0,20 - 0,30	7,42
BN	2	0 - 0,05	6,80	SD	2	0 - 0,05	6,46
BN	2	0,05 - 0,10	7,23	SD	2	0,05 - 0,10	6,67
BN	2	0,10 - 0,20	7,55	SD	2	0,10 - 0,20	7,08
BN	2	0,20 - 0,30	7,85	SD	2	0,20 - 0,30	7,10
BN	3	0 - 0,05	7,22	SD	3	0 - 0,05	6,96
BN	3	0,05 - 0,10	7,36	SD	3	0,05 - 0,10	7,02
BN	3	0,10 - 0,20	7,44	SD	3	0,10 - 0,20	7,31
BN	3	0,20 - 0,30	7,46	SD	3	0,20 - 0,30	7,47
BN	4	0 - 0,05	7,36	SD	4	0 - 0,05	7,11
BN	4	0,05 - 0,10	6,76	SD	4	0,05 - 0,10	7,21
BN	4	0,10 - 0,20	6,88	SD	4	0,10 - 0,20	7,52
BN	4	0,20 - 0,30	7,04	SD	4	0,20 - 0,30	7,01
BN	5	0 - 0,05	7,05	SD	5	0 - 0,05	7,11
BN	5	0,05 - 0,10	7,12	SD	5	0,05 - 0,10	7,37
BN	5	0,10 - 0,20	7,33	SD	5	0,10 - 0,20	7,66
BN	5	0,20 - 0,30	7,64	SD	5	0,20 - 0,30	7,65
BN	6	0 - 0,05	7,01	SD	6	0 - 0,05	7,38
BN	6	0,05 - 0,10	7,41	SD	6	0,05 - 0,10	7,39
BN	6	0,10 - 0,20	7,97	SD	6	0,10 - 0,20	7,66
BN	6	0,20 - 0,30	7,78	SD	6	0,20 - 0,30	7,68
BN	7	0 - 0,05	7,67	SD	7	0 - 0,05	6,87
BN	7	0,05 - 0,10	7,38	SD	7	0,05 - 0,10	6,95
BN	7	0,10 - 0,20	7,27	SD	7	0,10 - 0,20	7,47
BN	7	0,20 - 0,30	6,70	SD	7	0,20 - 0,30	7,54
BN	8	0 - 0,05	7,02	SD	8	0 - 0,05	7,03
BN	8	0,05 - 0,10	7,09	SD	8	0,05 - 0,10	7,31
BN	8	0,10 - 0,20	7,10	SD	8	0,10 - 0,20	7,76
BN	8	0,20 - 0,30	7,51	SD	8	0,20 - 0,30	7,71
BN	9	0 - 0,05	6,55	SD	9	0 - 0,05	7,63
BN	9	0,05 - 0,10	6,73	SD	9	0,05 - 0,10	7,72
BN	9	0,10 - 0,20	6,89	SD	9	0,10 - 0,20	7,75
BN	9	0,20 - 0,30	6,97	SD	9	0,20 - 0,30	7,54

Tabla Nº 2. Valores de Humedad Equivalente (H.E.) correspondientes a los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD) en los diferentes lotes y a las cuatro profundidades evaluadas.

Tratamiento	Lote	Profundidad	H. E.	Tratamiento	Lote	Profundidad	H. E.
BN	1	0 - 0,05	24,11	SD	1	0 - 0,05	17,21
BN	1	0,05 - 0,10	22,98	SD	1	0,05 - 0,10	14,61
BN	1	0,10 - 0,20	22,48	SD	1	0,10 - 0,20	18,46
BN	1	0,20 - 0,30	23,47	SD	1	0,20 - 0,30	20,47
BN	2	0 - 0,05	20,54	SD	2	0 - 0,05	24,17
BN	2	0,05 - 0,10	19,32	SD	2	0,05 - 0,10	22,51
BN	2	0,10 - 0,20	18,60	SD	2	0,10 - 0,20	24,04
BN	2	0,20 - 0,30	19,77	SD	2	0,20 - 0,30	25,63
BN	3	0 - 0,05	27,29	SD	3	0 - 0,05	23,15
BN	3	0,05 - 0,10	24,28	SD	3	0,05 - 0,10	22,59
BN	3	0,10 - 0,20	24,22	SD	3	0,10 - 0,20	24,10
BN	3	0,20 - 0,30	25,38	SD	3	0,20 - 0,30	25,22
BN	4	0 - 0,05	28,07	SD	4	0 - 0,05	21,65
BN	4	0,05 - 0,10	26,08	SD	4	0,05 - 0,10	22,49
BN	4	0,10 - 0,20	24,88	SD	4	0,10 - 0,20	24,34
BN	4	0,20 - 0,30	25,24	SD	4	0,20 - 0,30	28,50
BN	5	0 - 0,05	30,46	SD	5	0 - 0,05	19,61
BN	5	0,05 - 0,10	27,27	SD	5	0,05 - 0,10	19,24
BN	5	0,10 - 0,20	26,61	SD	5	0,10 - 0,20	19,77
BN	5	0,20 - 0,30	27,62	SD	5	0,20 - 0,30	20,07
BN	6	0 - 0,05	24,49	SD	6	0 - 0,05	22,57
BN	6	0,05 - 0,10	21,73	SD	6	0,05 - 0,10	23,86
BN	6	0,10 - 0,20	21,93	SD	6	0,10 - 0,20	23,12
BN	6	0,20 - 0,30	22,16	SD	6	0,20 - 0,30	24,80
BN	7	0 - 0,05	26,07	SD	7	0 - 0,05	22,59
BN	7	0,05 - 0,10	24,09	SD	7	0,05 - 0,10	22,16
BN	7	0,10 - 0,20	22,58	SD	7	0,10 - 0,20	23,63
BN	7	0,20 - 0,30	23,22	SD	7	0,20 - 0,30	24,29
BN	8	0 - 0,05	22,48	SD	8	0 - 0,05	22,11
BN	8	0,05 - 0,10	21,53	SD	8	0,05 - 0,10	22,66
BN	8	0,10 - 0,20	21,23	SD	8	0,10 - 0,20	24,54
BN	8	0,20 - 0,30	21,05	SD	8	0,20 - 0,30	24,91
BN	9	0 - 0,05	18,58	SD	9	0 - 0,05	16,84
BN	9	0,05 - 0,10	17,86	SD	9	0,05 - 0,10	16,94
BN	9	0,10 - 0,20	18,41	SD	9	0,10 - 0,20	19,37
BN	9	0,20 - 0,30	18,30	SD	9	0,20 - 0,30	19,08

Tabla Nº 3. Valores de Nitrógeno por incubación anaeróbica Nan en los tratamientos Bosque (BN) Nativo y Siembra Directa (SD) en las diferentes profundidades muestreadas para cada sitio.

Tratamiento	Lote	Profundidad	mg kg ⁻¹	Tratamiento	Lote	Profundidad	mg kg ⁻¹
BN	1	0 - 0,05	108,35	SD	1	0 - 0,05	11,99
BN	1	0,05 - 0,10	36,95	SD	1	0,05 - 0,10	19,67
BN	1	0,10 - 0,20	32,96	SD	1	0,10 - 0,20	28,37
BN	1	0,20 - 0,30	18,28	SD	1	0,20 - 0,30	16,40
BN	2	0 - 0,05	82,08	SD	2	0 - 0,05	22,35
BN	2	0,05 - 0,10	50,80	SD	2	0,05 - 0,10	23,46
BN	2	0,10 - 0,20	37,89	SD	2	0,10 - 0,20	7,80
BN	2	0,20 - 0,30	35,61	SD	2	0,20 - 0,30	14,78
BN	3	0 - 0,05	124,65	SD	3	0 - 0,05	28,85
BN	3	0,05 - 0,10	61,16	SD	3	0,05 - 0,10	23,46
BN	3	0,10 - 0,20	43,71	SD	3	0,10 - 0,20	14,75
BN	3	0,20 - 0,30	32,12	SD	3	0,20 - 0,30	18,31
BN	4	0 - 0,05	139,75	SD	4	0 - 0,05	25,14
BN	4	0,05 - 0,10	63,53	SD	4	0,05 - 0,10	35,52
BN	4	0,10 - 0,20	41,69	SD	4	0,10 - 0,20	16,51
BN	4	0,20 - 0,30	42,81	SD	4	0,20 - 0,30	18,30
BN	5	0 - 0,05	109,73	SD	5	0 - 0,05	56,26
BN	5	0,05 - 0,10	71,11	SD	5	0,05 - 0,10	21,55
BN	5	0,10 - 0,20	35,05	SD	5	0,10 - 0,20	14,60
BN	5	0,20 - 0,30	41,12	SD	5	0,20 - 0,30	16,39
BN	6	0 - 0,05	130,09	SD	6	0 - 0,05	49,55
BN	6	0,05 - 0,10	45,60	SD	6	0,05 - 0,10	25,15
BN	6	0,10 - 0,20	46,68	SD	6	0,10 - 0,20	16,40
BN	6	0,20 - 0,30	32,04	SD	6	0,20 - 0,30	14,75
BN	7	0 - 0,05	82,41	SD	7	0 - 0,05	35,49
BN	7	0,05 - 0,10	43,98	SD	7	0,05 - 0,10	15,96
BN	7	0,10 - 0,20	32,81	SD	7	0,10 - 0,20	21,71
BN	7	0,20 - 0,30	32,03	SD	7	0,20 - 0,30	16,49
BN	8	0 - 0,05	167,97	SD	8	0 - 0,05	35,62
BN	8	0,05 - 0,10	31,84	SD	8	0,05 - 0,10	32,18
BN	8	0,10 - 0,20	25,79	SD	8	0,10 - 0,20	18,25
BN	8	0,20 - 0,30	45,73	SD	8	0,20 - 0,30	21,75
BN	9	0 - 0,05	43,74	SD	9	0 - 0,05	24,71
BN	9	0,05 - 0,10	29,96	SD	9	0,05 - 0,10	14,55
BN	9	0,10 - 0,20	32,71	SD	9	0,10 - 0,20	17,91
BN	9	0,20 - 0,30	23,22	SD	9	0,20 - 0,30	12,86

Tabla Nº 4: Carbono Orgánico del Suelo (COS) del BN y la SD de las cuatro profundidades

Tratamiento	Lote	Profundidad	COS%	Tratamiento	Lote	Profundidad	COS%
BN	1	0 - 0,05	3,20	SD	1	0 - 0,05	1,04
BN	1	0,05 - 0,10	1,68	SD	1	0,05 - 0,10	1,12
BN	1	0,10 - 0,20	1,19	SD	1	0,10 - 0,20	0,73
BN	1	0,20 - 0,30	0,96	SD	1	0,20 - 0,30	1,30
BN	2	0 - 0,05	2,99	SD	2	0 - 0,05	1,65
BN	2	0,05 - 0,10	1,76	SD	2	0,05 - 0,10	1,54
BN	2	0,10 - 0,20	1,34	SD	2	0,10 - 0,20	1,09
BN	2	0,20 - 0,30	0,97	SD	2	0,20 - 0,30	0,94
BN	3	0 - 0,05	3,73	SD	3	0 - 0,05	1,59
BN	3	0,05 - 0,10	2,01	SD	3	0,05 - 0,10	1,38
BN	3	0,10 - 0,20	1,70	SD	3	0,10 - 0,20	0,85
BN	3	0,20 - 0,30	1,18	SD	3	0,20 - 0,30	0,98
BN	4	0 - 0,05	4,24	SD	4	0 - 0,05	1,75
BN	4	0,05 - 0,10	2,48	SD	4	0,05 - 0,10	1,47
BN	4	0,10 - 0,20	1,82	SD	4	0,10 - 0,20	1,10
BN	4	0,20 - 0,30	1,52	SD	4	0,20 - 0,30	1,00
BN	5	0 - 0,05	4,09	SD	5	0 - 0,05	1,74
BN	5	0,05 - 0,10	2,78	SD	5	0,05 - 0,10	1,39
BN	5	0,10 - 0,20	1,86	SD	5	0,10 - 0,20	1,08
BN	5	0,20 - 0,30	1,58	SD	5	0,20 - 0,30	0,91
BN	6	0 - 0,05	3,97	SD	6	0 - 0,05	1,71
BN	6	0,05 - 0,10	1,78	SD	6	0,05 - 0,10	1,33
BN	6	0,10 - 0,20	1,55	SD	6	0,10 - 0,20	1,19
BN	6	0,20 - 0,30	1,20	SD	6	0,20 - 0,30	0,87
BN	7	0 - 0,05	2,90	SD	7	0 - 0,05	1,53
BN	7	0,05 - 0,10	1,96	SD	7	0,05 - 0,10	1,17
BN	7	0,10 - 0,20	1,39	SD	7	0,10 - 0,20	1,24
BN	7	0,20 - 0,30	1,22	SD	7	0,20 - 0,30	1,08
BN	8	0 - 0,05	2,60	SD	8	0 - 0,05	1,63
BN	8	0,05 - 0,10	1,40	SD	8	0,05 - 0,10	1,26
BN	8	0,10 - 0,20	1,28	SD	8	0,10 - 0,20	1,11
BN	8	0,20 - 0,30	1,76	SD	8	0,20 - 0,30	1,18
BN	9	0 - 0,05	1,62	SD	9	0 - 0,05	1,15
BN	9	0,05 - 0,10	1,42	SD	9	0,05 - 0,10	0,82
BN	9	0,10 - 0,20	1,16	SD	9	0,10 - 0,20	1,07
BN	9	0,20 - 0,30	1,12	SD	9	0,20 - 0,30	0,88

Tabla Nº 5: Fracciones del suelo obtenidas para posterior lectura de COP, correspondiente a Siembra Directa (SD) en sus cuatro profundidades.

Trat.	Lote	Prof. (m)	Suelo (g)	Fracción fina (FF) 0-53 µ	Fracción media (FM) 53-105 µ	Fracción gruesa (FG) 105-2000 µ	FF %	FM %	FG %
BN	1	0 - 0,05	20,0000	12,3155	4,3749	2,6589	61,6	21,9	13,3
BN	1	0,05 - 0,10	20,0000	14,1195	3,4305	2,2817	70,6	17,2	11,4
BN	1	0,10 - 0,20	20,0000	13,9297	3,3992	2,3244	69,6	17,0	11,6
BN	1	0,20 - 0,30	20,0000	14,5502	3,1241	1,6465	72,8	15,6	8,2
BN	2	0 - 0,05	19,9927	10,6049	2,9085	6,0436	53,0	14,5	30,2
BN	2	0,05 - 0,10	20,0000	10,4998	2,9735	5,9976	52,5	14,9	30,0
BN	2	0,10 - 0,20	20,0000	10,6100	3,1500	6,0605	53,1	15,8	30,3
BN	2	0,20 - 0,30	20,0000	11,7589	3,0600	4,6381	58,8	15,3	23,2
BN	3	0 - 0,05	20,0455	15,2102	2,8190	1,4537	75,9	14,1	7,3
BN	3	0,05 - 0,10	20,0000	15,7690	3,3862	0,7555	78,8	16,9	3,8
BN	3	0,10 - 0,20	20,0000	14,7366	4,1623	0,8667	73,7	20,8	4,3
BN	3	0,20 - 0,30	20,0000	17,1106	2,1057	0,6978	85,6	10,5	3,5
BN	4	0 - 0,05	20,0007	14,3883	2,6935	2,4819	71,9	13,5	12,4
BN	4	0,05 - 0,10	20,0000	16,1569	2,3214	1,3787	80,8	11,6	6,9
BN	4	0,10 - 0,20	20,0000	16,1215	2,5668	1,1896	80,6	12,8	5,9
BN	4	0,20 - 0,30	20,0000	16,1125	2,4933	1,2962	80,6	12,5	6,5
BN	5	0 - 0,05	20,0656	15,6839	1,5805	2,2925	78,2	7,9	11,4
BN	5	0,05 - 0,10	20,0000	16,9197	1,5700	1,2711	84,6	7,9	6,4
BN	5	0,10 - 0,20	20,0000	15,9687	2,3931	1,1820	79,8	12,0	5,9
BN	5	0,20 - 0,30	20,0000	16,7782	1,7912	0,8970	83,9	9,0	4,5
BN	6	0 - 0,05	20,0000	13,6762	2,7323	3,5373	68,4	13,7	17,7
BN	6	0,05 - 0,10	20,0000	13,8228	3,2692	2,5673	69,1	16,3	12,8
BN	6	0,10 - 0,20	20,0000	13,7840	3,2173	2,6959	68,9	16,1	13,5
BN	6	0,20 - 0,30	20,0314	14,4250	3,1851	2,0230	72,0	15,9	10,1
BN	7	0 - 0,05	20,0000	14,2732	3,8404	1,5230	71,4	19,2	7,6
BN	7	0,05 - 0,10	20,0003	14,8265	3,6224	1,1014	74,1	18,1	5,5
BN	7	0,10 - 0,20	20,0314	14,7190	3,8025	1,1176	73,5	19,0	5,6
BN	7	0,20 - 0,30	20,0000	15,2613	3,3097	1,0379	76,3	16,5	5,2
BN	8	0 - 0,05	20,0000	13,7257	3,1266	2,6713	68,6	15,6	13,4
BN	8	0,05 - 0,10	20,0000	14,5790	2,7751	2,6206	72,9	13,9	13,1
BN	8	0,10 - 0,20	20,0000	13,0262	3,9355	2,7148	65,1	19,7	13,6
BN	8	0,20 - 0,30	20,0465	13,3119	4,0958	2,5208	66,4	20,4	12,6
BN	9	0 - 0,05	20,0000	13,1979	4,7282	1,7872	66,0	23,6	8,9
BN	9	0,05 - 0,10	20,0000	12,5285	5,7735	1,6701	62,6	28,9	8,4
BN	9	0,10 - 0,20	20,0000	14,2243	3,6604	1,9611	71,1	18,3	9,8
BN	9	0,20 - 0,30	20,0577	13,3216	4,9192	1,6149	66,4	24,5	8,1

Tabla Nº 6: Fracciones del suelo obtenidas para posterior lectura de COP, correspondiente a Bosque Nativo (BN) en sus cuatro profundidades.

Trat.	Lote	Prof. (m)	Suelo (g)	Fracción fina (FF) 0-50 μ	Fracción media (FM) 50-100 μ	Fracción gruesa (FG) 100-2000 μ	FF %	FM %	FG %
SD	1	0 - 0,05	20,0000	10,9788	2,3590	6,4345	54,9	11,8	32,2
SD	1	0,05 - 0,10	20,0000	11,5117	3,1500	5,2108	57,6	15,8	26,1
SD	1	0,10 - 0,20	20,0000	11,2261	3,2790	5,1818	56,1	16,4	25,9
SD	1	0,20 - 0,30	20,0000	12,5103	2,8672	4,5690	62,6	14,3	22,8
SD	2	0 - 0,05	20,0000	15,4790	2,3327	1,7409	77,4	11,7	8,7
SD	2	0,05 - 0,10	20,0000	14,1737	4,0779	1,5702	70,9	20,4	7,9
SD	2	0,10 - 0,20	20,0000	15,3103	2,8518	1,5821	76,6	14,3	7,9
SD	2	0,20 - 0,30	20,0000	15,5060	2,6884	1,3266	77,5	13,4	6,6
SD	3	0 - 0,05	19,9868	14,8590	3,4664	1,3537	74,3	17,3	6,8
SD	3	0,05 - 0,10	20,0437	15,1920	3,1683	1,5857	75,8	15,8	7,9
SD	3	0,10 - 0,20	20,0045	14,8087	3,0289	1,4980	74,0	15,1	7,5
SD	3	0,20 - 0,30	20,0000	15,1982	3,1895	0,8186	76,0	15,9	4,1
SD	4	0 - 0,05	20,0000	12,7355	3,3898	3,2923	63,7	16,9	16,5
SD	4	0,05 - 0,10	20,0000	13,7695	2,6834	3,1247	68,8	13,4	15,6
SD	4	0,10 - 0,20	19,9939	14,6581	2,4472	2,4246	73,3	12,2	12,1
SD	4	0,20 - 0,30	20,0000	15,3023	2,0942	1,7908	76,5	10,5	9,0
SD	5	0 - 0,05	20,0000	11,5176	4,8304	3,4728	57,6	24,2	17,4
SD	5	0,05 - 0,10	20,0000	11,8211	4,0522	3,5700	59,1	20,3	17,9
SD	5	0,10 - 0,20	20,0000	12,0560	3,9769	3,8486	60,3	19,9	19,2
SD	5	0,20 - 0,30	20,0000	12,3673	3,2550	4,3018	61,8	16,3	21,5
SD	6	0 - 0,05	20,0000	14,4802	3,2261	2,2609	72,4	16,1	11,3
SD	6	0,05 - 0,10	20,0000	13,9992	3,3857	2,2843	70,0	16,9	11,4
SD	6	0,10 - 0,20	20,0000	15,0124	2,8857	2,0475	75,1	14,4	10,2
SD	6	0,20 - 0,30	20,0000	14,7447	3,2722	1,5144	73,7	16,4	7,6
SD	7	0 - 0,05	20,0000	14,5146	2,9220	2,3427	72,6	14,6	11,7
SD	7	0,05 - 0,10	20,0000	14,5041	3,1336	2,1971	72,5	15,7	11,0
SD	7	0,10 - 0,20	20,0000	14,3509	2,9200	2,5000	71,8	14,6	12,5
SD	7	0,20 - 0,30	20,0000	14,5499	2,9259	2,0315	72,7	14,6	10,2
SD	8	0 - 0,05	20,0000	13,8544	3,5518	2,3142	69,3	17,8	11,6
SD	8	0,05 - 0,10	20,0000	13,9854	3,0991	2,3325	69,9	15,5	11,7
SD	8	0,10 - 0,20	20,0000	14,8350	3,2723	1,4391	74,2	16,4	7,2
SD	8	0,20 - 0,30	20,0000	15,3813	2,7077	1,5081	76,9	13,5	7,5
SD	9	0 - 0,05	20,0000	9,6925	3,6374	6,6325	48,5	18,2	33,2
SD	9	0,05 - 0,10	20,0000	9,8748	3,0409	7,0017	49,4	15,2	35,0
SD	9	0,10 - 0,20	20,0618	10,7589	2,9913	5,9544	53,6	14,9	29,7
SD	9	0,20 - 0,30	20,0000	11,1307	2,6833	5,6967	55,7	13,4	28,5

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Se realizó un análisis de varianza con los datos obtenidos en laboratorio, utilizando el paquete estadístico Infostat (Díaz et al., 2018) y una prueba de LSD de Fisher.

Tabla N°7: Valores medios de pH, Humedad Equivalente (HE), carbono orgánico (CO) y Nitrógeno anaeróbico (Nan) de suelos bajo bosque nativo (BN) y siembra directa con rotaciones (SD).

*Letras distintas entre columnas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)

Variable	Prof (m)	BN	SD	CV	P≤F
pH	0-0,05	7,10A	7,01A	4,87	0,6001
	0,05-0,10	7,15A	7,16A	4,12	0,9373
	0,10-0,20	7,32A	7,49A	4,04	0,2510
	0,20-0,30	7,37A	7,46A	4,41	0,5769
HE %	0-0,05	24,68B	21,10A	14,16	0,0325
	0,05-0,10	22,79A	20,78A	14,20	0,1874
	0,10-0,20	22,33A	22,37A	11,55	0,9692
	0,20-0,30	22,91A	23,66A	12,98	0,6055
COS %	0-0,05	3,26B	1,53A	26,07	<0,0001
	0,05-0,10	1,92B	1,28A	22,49	0,0016
	0,10-0,20	1,48B	1,05A	17,41	0,0008
	0,20-0,30	1,28B	1,02A	19,39	0,0232
Nan mg kg ⁻¹	0-0,05	109,86B	32,22A	39,06	<0,0001
	0,05-0,10	48,33B	23,50A	31,63	0,0003
	0,10-0,20	36,59B	17,37A	22,52	<0,0001
	0,20-0,30	33,66B	16,67A	26,19	0,0001

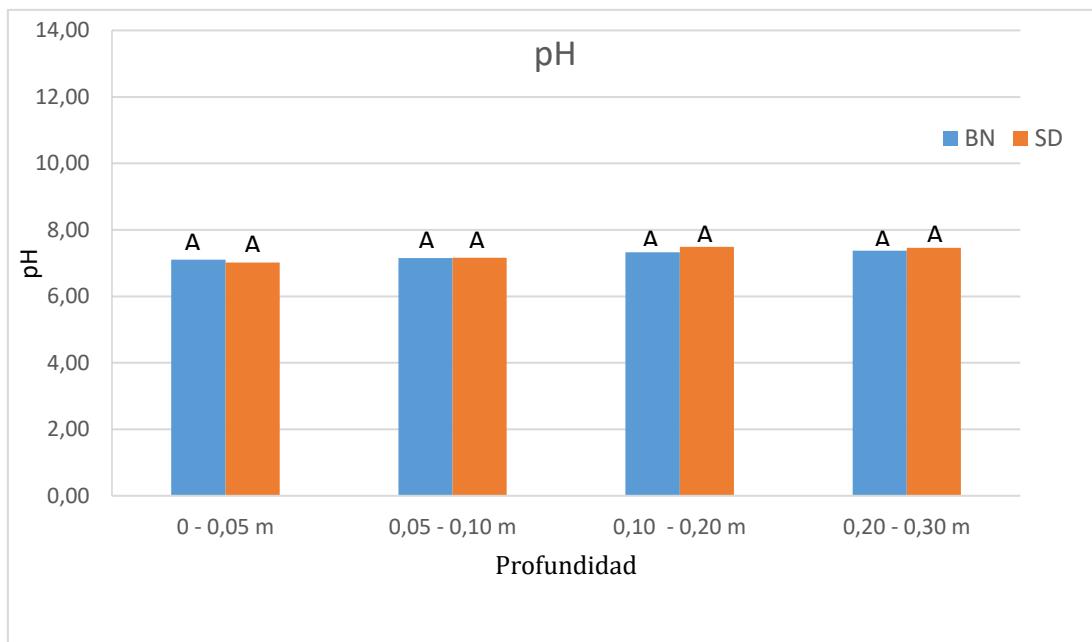


Figura Nº 3: Comportamiento del pH del suelo en los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD) en las cuatro profundidades estudiadas.

*Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$).

Los valores de pH para ambos tratamientos BN y SD, y en todas las profundidades analizadas, no presentaron diferencias significativas ($p<0,05$), encontrándose dentro del rango de la neutralidad con valores de entre 7,01 y 7,49.

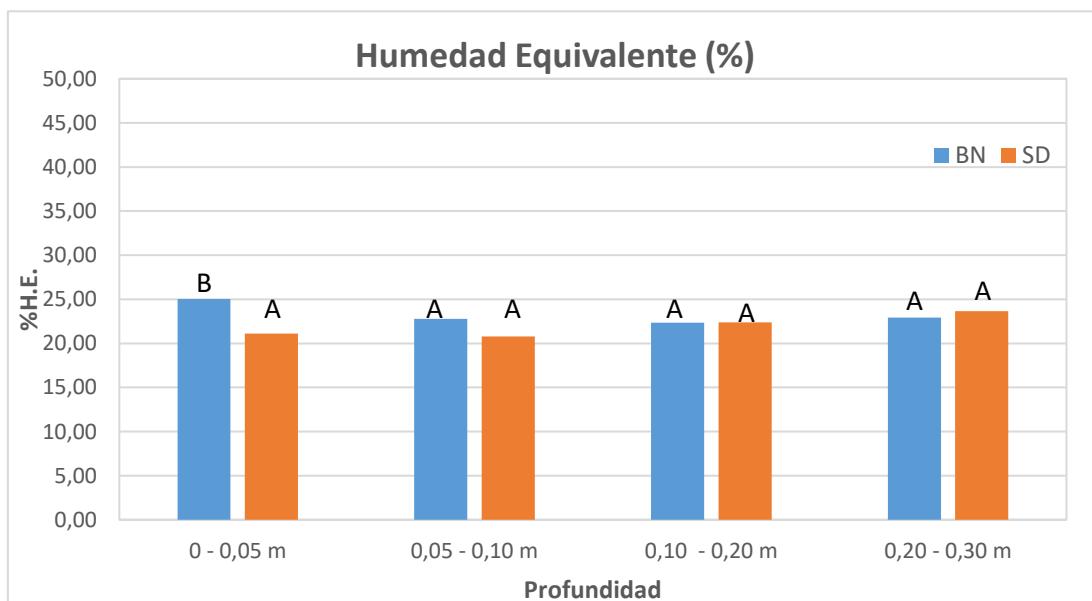


Figura Nº3. Porcentaje de humedad equivalente de los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD).

*Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$)

La Humedad equivalente sólo mostró diferencias significativas en los primeros 5 cm de profundidad ($p<0,05$). El BN presentó mayor capacidad para retener agua, con un valor medio de 24,68% respecto de los sitios con SD que tuvieron 21,10 % de agua retenida a capacidad de campo.

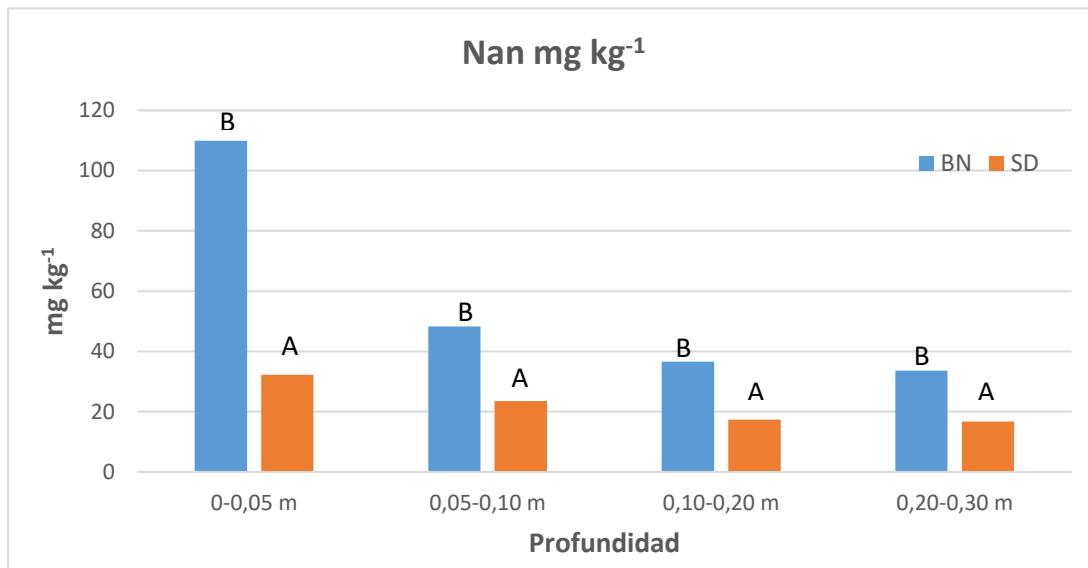


Figura Nº 4: Valores de nitrógeno mineralizado en anaerobiosis (Nan) de los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD) para las cuatro profundidades estudiadas.

*Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$)

Los valores de Nan en el tratamiento SD sufren una disminución respecto de BN, presentando diferencias significativas ($p<0,05$) en todas las profundidades analizadas. La eliminación del BN para implementar sistemas agrícolas con SD provocó pérdidas de Nitrógeno en estos suelos, indicando que existe degradación y pérdida de su calidad.

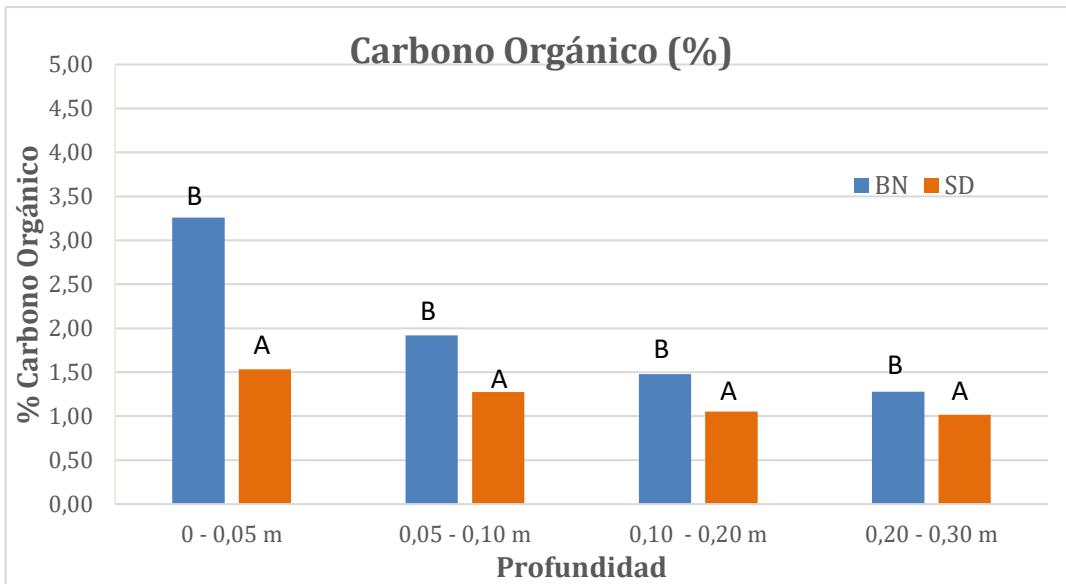


Figura Nº 5. Valores del Carbono Orgánico del suelo en los tratamientos Bosque Nativo (BN) y Siembra Directa (SD) de las cuatro profundidades estudiadas.

*Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$)

Los disturbios ocasionados por la SD provocaron una disminución de los contenidos orgánicos respecto al tratamiento BN, observándose esta tendencia en todas sus profundidades, radicando su importancia en ser un índice de calidad, el cual es útil para evaluar el impacto del uso de la tierra y sus consecuencias sobre los cambios en la calidad del recurso.

5. COMENTARIOS FINALES

A través de esta pasantía he logrado adquirir destreza en diferentes tareas de laboratorio tales como la determinación de pH, humedad Equivalente, Nitrógeno Potencialmente Mineralizable, Carbono Orgánico total y Carbono Orgánico Particulado del suelo.

Este trabajo también me ha permitido mejorar la comprensión del complejo funcionamiento del suelo, como así también obtener experiencia profesional, intercambiar conocimientos en lo que concierne al tema específico y a los adquiridos durante la formación en la profesión.

De los datos obtenidos se puede observar que, el pH muestra un comportamiento neutro en ambos tratamientos y en las cuatro profundidades, la humedad equivalente

muestra una disminución en la capacidad del suelo para retener agua en los primeros cm del perfil estudiado por parte del tratamiento SD respecto a BN y también se observa que los disturbios ocasionados por la SD provocaron una disminución de los contenidos tanto de nitrógeno Nan como de carbono orgánico del suelo en todas las profundidades estudiadas.

La información obtenida en este trabajo es útil para conocer las tendencias de los sistemas tantos naturales como agrícolas al intervenir el hombre con distintas prácticas y así preservar en condiciones óptimas el recurso suelo como los que se sustentan en el mismo.

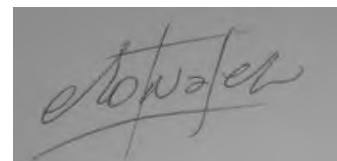
6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C.R., P. Fernández, y M.A. Taboada. 2012. Relación de la inestabilidad estructural con el manejo y las propiedades de los suelos de la región pampeana. Cienc. Suelo, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 30, n. 2.
- Benton, J.J. Jr. 2003. Agronomic handbook. Management of crops, soils, and their fertility. CRC PRESS. Boca Raton. London. New York. Washington, D.C. USA. 450 p
- Botta, G.F., Joraujuria, D., Balbuena, R. y H. Rossato. 2004. Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect of soybean (*Glycine max L.*) yields. Soil Till. Res. 78: 53-58.
- Campbell C.A., Jame, Y.W., Akinremi, O.O., Cabrera, M.L. (1996) Adapting the potentially mineralizable N concept for the prediction of fertilizer N requirement. En Ahmad N (Ed.) Nitrogen economy in tropical soils. Kluwer. Holanda. 61-76 pp.
- Curtin, D. and Wen, G. 1999. Organic matter fractions contributing to soil nitrogen mineralization potential. Soil Science Society of America Journal, 63:410-415.
- Dawson, J.J.C. and Smith, P., 2007. Carbon losses from soil and its consequences for and use management. Sci. Total Environ. 382, 165–190.
- Derpsch, R., Friedrich, T.; Kassam, A. and Li,H.W. 2010. Status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. Int. J. Agric. y Biol. Eng. Vol. 3. N°1.
- Dewis, J. y F. Freitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín sobre suelos Nº10. FAO. Roma. 36-57 p.
- Edward, J. P. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 405 p.
- Eiza, M.J.; Fioriti, N.; Studdert, G. A. y Echeverría, H.A. 2005. Fracciones de Carbono Orgánico en la Capa Arable: Efecto de los sistemas de cultivo y de la fertilización nitrogenada ci. Suelo (Argentina) - 23 (1) 59-67, 2005.
- Gasparoni, J. C. 2008. Determinación de la materia orgánica del suelo. En: Galantini; J. A. (Ed.). Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina. Editorial Universidad Nacional del Sur. 41-50 p.
- Gianello, C., Bremner, J.M. 1986 Comparison of chemical methods of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Soil Sci. Plant Anal. 17: 215-236.

- Keeney, D.R. 1982. Nitrogen-Availability Indices. In: Page AL ET a.l (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Nº 9. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU. p. 711- 733.
- Li, X.G., Li, Y.K., Li, F.M., Ma, M., Zhang, P.L., Yin, P., 2009. Changes in soil organic carbon, nutrients and aggregation after conversion of native desert soil into irrigated arable land. *Soil Till. Res.* 104, 263–269.
- Montenegro González, H., Malagón Castro, D. y L. Guerrero. 1990. Propiedades Físicas de los Suelos. Subdirección Agrológica. I.G.A.C. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). Bogotá, Colombia. 813 p.
- Morello, J.; Matteucci, S. D.; Rodríguez, F.; Silva, M. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente. (GEPAMA). Universidad de Buenos Aires. Argentina. 719 pp.
- Nelson, D.W. & L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: J.M. Bigham (ed). Methods of soil analysis, Part. 3. Chemical Methods. Pp. 961-493 1010. Am. Soc. Agron. & Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, WI.
- Panigatti, J.L., Marelli, H. y Buschiazzo D. (Eds.). 2001. Siembra directa II. INTA. Buenos Aires. Argentina. 377 pp.
- Prasad, R. and Power, J. F. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. Lewis Publishers. Boca Raton. New York. 356p.
- Purakayastha, T. J., D. R. Huggins, and J.L. Smith, 2008. Carbon Sequestration in native prairie, perennial grass, no-till, and cultivated palouse silt loam. *SoilSci. Soc. Agron. J.* 72: 534–540.
- Raeisi, F., 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 13–20.
- Sainz Rozas H. Echeverría, H.E., Angelini, H. (2011). Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de la región pampeana extra pampeana argentina. *Ciencia del Suelo*, 29:29-37.
- Sharifi M., ZebARTH B. J., Burton D. L., Grant C. A., Bittman S., Drury C.F., McConkey B.G., Ziadi N. (2007) Response of potentially mineralizable soil nitrogen and indices of nitrogen availability to tillage system. *Soil Science Society of America Journal*, 72:1124-1131.
- Six, J.; Bossuyt,H.; Degryze, S. and K. Denef. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Review. *Soil & Tillage Research* 79 (2004) 7–3



.....
Ing. Agr. Silvia A. Arzuaga
Asesor



.....
Samuel Natanael Tessaro
Alumno

7. ANEXO

Cálculo correspondiente a determinaciones físicas

Humedad Equivalente:

$$HE (\%) = \frac{(PH-PS)}{PS} \times 100 \quad \text{Dónde:}$$

HE: Humedad Equivalente
PH: peso de la muestra húmeda después de centrifugar.
PS: peso de la muestra seca en estufa.

Cálculos correspondientes a determinaciones químicas

Carbono Orgánico:

$$\text{Carbono orgánico \%} = \frac{A \times (1 - M)}{B \times P} \times F. fc1$$

Dónde:
A: volumen (ml) de dicromato de potasio 1N utilizados.
M: volumen (ml) de sal Mohr consumidos por la muestra problema.
B: volumen (ml) de sal Mohr consumidos por el blanco.
P: peso en gramos de la muestra.
fc1: factor de corrección de humedad.

$$F = \frac{12}{4000} \times \frac{100}{0,77}$$

Dónde:

- 12/4000: Peso del meq de Carbono en g.
- 0,77: Factor de corrección por oxidación (Walkey-Black)
- 100: Para expresar en porcentaje.

$$\text{Luego, MO (\%)} = \text{Carbono orgánico (\%)} \times 1,72$$

Nitrógeno método de Kjeldahl.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times \text{fac. SO}_4\text{H}_2 \times Vd. \times 100 \times 0,014. fc1}{g \text{ de suelo} \times \text{Alícuota}}$$

Dónde:

- B: ml de SO₄H₂ gastados en el blanco.
- P: ml de SO₄H₂ gastados en el problema.
- N: normalidad del ácido.
- fac SO₄H₂: factor de corrección del ácido.
- 0,014: meq del N.
- Vd: volumen de dilución de la muestra.

Valores de Referencia de los datos físicos y químicos

pH

Determinación	Rango	Categoría
pH en agua suspensión 1:2,5	<5.5	Fuertemente ácido
	5.6-5.9	Moderadamente ácido
	6.0-6.5	Ligeramente ácido
	6.6-7.3	Neutro
	7.4-7.8	Ligeramente alcalino
	7.9-8.4	Moderadamente alcalino
	>8.5	Fuertemente alcalino

Materia Orgánica

Determinación	Método	Niveles				
		Muy pobemente provisto	Pobremente provisto	Medianamente provisto	Bien provisto	Muy bien provisto

Materia Orgánica	Walkey- Black	< 0,8 %	0,8 – 1,7 %	1,7 – 3,0 %	3,0 – 4,0 %	> 4,0 %
---------------------	------------------	---------	-------------	-------------	-------------	---------

Nitrógeno Total

		Niveles		
Determinación	Método	Bajo	Medio	Alto
Nitrógeno Total	Kjeldahl	<0 ,8 %	0,8 – 0,15 %	>0,15 %