



**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**  
**MODALIDAD PASANTÍA**

**Facultad de Ciencias Agrarias**  
**Ingeniería Agronómica**

**Título:**

**“Variables físicas, fisicoquímicas y químicas del suelo”**

**Alumno:** Johad Toledo

**Lugar de trabajo:** Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos (FCA).

**Asesor:** Ing. Agr. (Dr.) Humberto Carlos Dalurzo

Año 2019

## INTRODUCCIÓN

Larson & Pierce (1991) expresaron que los procesos de degradación y desarrollo de suelos determinan las propiedades intrínsecas del suelo y su calidad. La productividad está determinada por la eficiencia en el uso y manejo de los recursos. La calidad del suelo podría definirse como una condición inherente, distintiva y considerada sinónimo de atributos, propiedades y caracteres.

La calidad de suelo fue expresada como una función de los atributos del suelo y cuantificada, considerando la condición individual de cada uno de ellos.

Los cambios a través del tiempo se consideraron proponiendo el empleo de un grupo mínimo de datos que incluye el número mínimo posible de indicadores capaces de evaluar la calidad del suelo.

La materia orgánica del suelo está considerada como el indicador más significativo de la calidad de suelo (Larson & Pierce, 1991). Doran & Parkin (1996) han incluido a la materia orgánica del suelo como el componente más importante a seleccionar dentro del grupo de datos mínimos para definir la calidad del suelo.

Con respecto a los agregados estables en agua Angers & Mehuys (1988) encontraron que los cultivos ejercen un gran efecto sobre la fracción de 2–6 mm.

Dalurzo (2002) determinando la estabilidad de los agregados del suelo con un diámetro de 2 a 3,36 mm, halló más resistentes a la acción destructora del agua a los de la situación prístina con selva y a los con agregado de aserrín respecto de los con aportes de cáscara de tung o manejo convencional en suelos del sur de Misiones.

El principio de la agricultura sustentable sugiere que las prácticas de manejo sean productivas, pero manteniendo un equilibrio de entradas y salidas al sistema, de tal modo que el cambio de indicadores de calidad de tanta significación como el contenido de materia orgánica sea mínimo ante las prácticas de manejo aplicadas. (Sikora et al., 1996).

Entre las propiedades, fisicoquímicas y químicas más usadas se pueden incluir el pH, la capacidad de intercambio catiónico, junto a los cationes cambiables y el carbono orgánico (Karlen et al., 1997).

## **OBJETIVOS**

General:

Realizar una práctica profesional en determinaciones de propiedades físicas, fisicoquímicas y químicas de suelos en el laboratorio, empleadas habitualmente para detectar efectos resultantes de diferentes prácticas de manejo y para definir la calidad del suelo.

Específicos:

Adquirir experiencia en la determinación de las siguientes variables de suelo:

- Estabilidad de agregados
- pH en agua
- pH en KCl
- Materia orgánica
- Bases y acidez cambiables

## **DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS**

En la Provincia de Misiones fueron seleccionados suelos denominados comúnmente tierras coloradas, que se corresponden con aquellos de mayor aptitud agrícola de la provincia (Ligier et al., 1990). Estos se encuentran distribuidos en la provincia y comprenden tres órdenes del Soil Taxonomy: los Alfisoles con 915.914 ha (que ocupan el 31,6% provincial), los Ultisoles con 718.861 ha (el 24,8%), y en tercer lugar los Oxisoles con 91.250 ha (3,2%).

La Provincia de Misiones, se encuentra ubicada en el Nordeste de la República Argentina, su clima es subtropical húmedo, con régimen pluviométrico isohigro sin estación seca marcada, con una temperatura media anual de 21°C. El mes de enero presenta los días más cálidos del año, con temperaturas medias que alcanzaron en los últimos tres años los 34°C. Los inviernos presentan 12°C en promedio. El régimen de lluvias es del tipo torrencial, con abundantes precipitaciones, entre 1400 mm y 1900 mm anuales, con escasas variaciones diarias y estacionales esto generó suelos de bajo contenido de bases cambiables y elevada acidez intercambiable provocando la mayor formación y génesis de suelos ácidos, motivo por el cual se midieron estas características en suelos rojos para utilizar con fines de corrección de pH. Las menores precipitaciones se registran generalmente en invierno durante los meses de julio y agosto (EEA INTA Cerro Azul 2016).

Se analizaron 150 muestras de suelo tomadas en la zona rural próxima a la localidad de Santo Pipó, en yerbales plantados hace 30 años y en zona de yerbales degradados que se implantaron cultivos de cubierta y con yerbales de 2 y 3 años de plantación que no recibieron aún poda de formación. Se analizaron 150 muestras de suelo, de las cuales 75 correspondieron a la primera profundidad (0-20 cm) y el resto a la segunda profundidad (20-40 cm) donde se realizaron determinaciones fisicoquímicas y químicas que a continuación se detallan.

### **Trabajos que se desarrollaron en el laboratorio:**

Se realizaron análisis físicos, físicos químicos y químicos de las muestras de suelos, determinando:

- Estabilidad de agregados por el Método de Kemper & Rosenau (1986).
- pH potenciométricamente en agua destilada en relación 1:2,5 (Jackson, 1970).
- pH en solución de KCl 0,1 N en relación 1:2,5 (Jackson, 1970).
- Materia orgánica, por el Método de Walkley & Black modificado (Nelson & Sommers, 1996).
- Bases cambiables: calcio, magnesio, potasio, y sodio (Dewis & Freitas, 1970).
- Acidez intercambiables: Hidrogeno y aluminio intercambiables (Dewis & Freitas, 1970).

### **PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA**

Esta determinación se realizó en las 150 muestras provenientes del sur de Misiones próximas a la localidad de Santo Pipó de los años 2016, 2018 y 2019, las mismas fueron secadas al aire, molidas y tamizadas por un tamiz de 2 mm y luego para el análisis se lo volvió a pasar por una malla de 0,5 mm (Tamiz N° 35).



**Figura n° 1: Secado de muestras**

## **Método de Walkey-Black modificado (Nelson & Sommers, 1996).**

### **Procedimiento:**

#### **Oxidación de la MO**

Se introdujo en un erlenmeyer de 125 ml la muestra de 0,3 g de suelo. Luego se añadió mediante una pipeta calibrada 2,5 ml de  $K_2Cr_2O_7$ , 1N sobre el suelo, mezclando ambos mediante un movimiento circular. Seguidamente se agregó con una pipeta 5 ml de  $H_2SO_4$  concentrado y se continuó mezclando mediante un giro suave durante 1 minuto, para asegurar el íntimo contacto del reactivo con el suelo, con cuidado para evitar que el suelo quede adherido a las paredes del matraz fuera de contacto con el reactivo. Finalmente se dejó la mezcla en reposo durante 30 minutos.

#### **Valoración por retroceso**

Se diluyó la solución con 50 ml de agua destilada y se añadió 1 ml de  $H_3PO_4$  al 85% y 5 ml de difenilparasulfonato de bario. A continuación se valoró la solución por retroceso con el reductor “sal de Mohr” agregado gota a gota por una microbureta.

El color pardo oscuro, correspondía al punto inicial, si adquiría una coloración muy verdosa se repetía la determinación debido a la reducción de los iones cromo. Se repetía el pesaje de la muestra con una menor cantidad de suelo (0,3 g) por contener un elevado contenido de materia orgánica. Al titular la variación de colores se desplazó hacia un azul turbio a medida que avanzó la valoración.

En el punto final este color cambio bruscamente a verde brillante, dando el viraje con una gota.



**Figura n° 2: Determinación de materia orgánica por titulación con el método de Walkey-Black modificado (Nelson & Sommers, 1996).**

## PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN HÚMEDO

Estos análisis se hicieron con el equipo descrito por Kemper & Rosenau (1986) el cual es de forma circular y cuenta con disponibilidad de analizar 8 muestras usando agregados que fueron separados por tamizado en seco entre tamices de 2 mm (N°10) y 3,36 mm (N°6), en muestras tomadas con pala para evitar la ruptura de la estructura natural que tenía el suelo en el momento de muestreo.

El equipo cuenta con una plataforma que contiene los 8 tamices de 0,5 mm para tamizar el tamaño de agregados ya mencionado. Al encender la maquina esta plataforma tiene movimientos de subida y de bajada haciendo que los tamices entren y salgan en el agua de los recipientes de aluminio, sin que los agregados sobresalgan de la superficie del agua. Luego del tamizado en húmedo los agregados que no son estables se destruyen y pasan a través de la malla del tamiz, quedando solamente los agregados estables que se secan en estufa, para luego registrar su peso, y posteriormente se los destruye aplicando hexametáfosfato de sodio y con la ayuda de una varilla de vidrio para la corrección de la fracción gruesa.



**Figura n° 3: Maquina para realizar estabilidad de agregados con tamizado en húmedo según el método de Kemper & Rosenau, 1986.**

### Método de Kemper & Rosenau, 1986

Tabla 1. Tamaño de agregados y tamices usados en cada caso para su determinación y para hacer la corrección del material grueso.

| Tamaño de fracción de agregados (mm) | Peso simple (g) | Agregados estables en húmedo. malla usada (mm) | Material grueso Tamaño de malla (mm) |
|--------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------------|
| > 2,0                                | 4               | 0,5  | 0,5                                  |
| 1,0 – 2,0                            | 4               | 0,25   | 0,25                                 |
| 0,5 – 1,0                            | 2               | 0,1  | 0,1                                  |
| 0,053 – 0,5                          | 0,5             | 0,012  | 0,012                                |
| <0,053                               | -----           | -----  | -----                                |

1. Humectación capilar: (en base a la Tabla 1 se usó el tamaño de tamiz y las cantidades de muestras de suelo allí señaladas.)
  - a. Se colocó el tamiz del tamaño apropiado en un platillo de pesaje de plástico y se taró.
  - b. Se registró el número, el tamaño del tamiz y la identificación del suelo correspondiente.
  - c. Se pesó la cantidad apropiada de suelo en el tamiz tarado más la bandeja de pesaje.
  - d. Se humedeció lentamente el suelo, agregando incrementos de 1 ml (aproximadamente) de H<sub>2</sub>O destilada desde un frasco lavador a la bandeja de pesaje de plástico por fuera del tamiz usado hasta que el suelo esté saturado.
2. Tamizado húmedo:
  - a. Se colocó agua destilada a temperatura ambiente en los pesafiltros metálicas de la máquina de tamizado en húmedo.
  - b. Se colocaron los tamices que contenían las muestras de suelo humedecido en dicho dispositivo y se los dejaron en funcionamiento durante 30 minutos.
  - c. Después de retirar los tamices de la máquina, se lavan los materiales restantes en los tamices en pesafiltros rotulados.
  - d. Se secó el material agregado estable en estufa a 70° C durante toda la noche o hasta que se seque a 105° C, según Carter et al. (2006).
  - e. Se pesó el suelo seco más el pesafiltro y se lo registró para calcular el % de estabilidad de agregados en húmedo.
3. Corrección de material grueso:
  - a. En el material seco obtenido en el paso anterior e, se agregó 0,5% de hexametafosfato de sodio.
  - b. Usando una botella de plástico de H<sub>2</sub>O destilada, se lavó el material del platillo en el tamiz del tamaño apropiado para determinar el material grueso (ver tabla)
  - c. Se lavó el material restante en el tamiz con H<sub>2</sub>O destilada adicional.
  - d. A continuación se enjuagó el material del tamiz en un platillo de plástico limpio y rotulado.
  - e. Se secó en horno la fracción gruesa separada a 70° o 105° C durante toda la noche o hasta que se secaron.
  - f. Finalmente se pesó el material seco más el platillo de plástico y se registraron los valores arrojados.
4. Cálculo del porcentaje de agregados estables en húmedo:

$$\text{Estabilidad de agregados en húmedo(\%)} = \frac{\text{peso seco del suelo(g)despues del tamizado humedo} - \text{peso de la fracción de arena(g)}}{\text{peso seco del suelo (g)antes del tamizado humedo} - \text{peso de la fracción de arena(g)}}$$

## Comentarios sobre la estabilidad de agregados

Cuando se realizaron las determinaciones de estabilidad de agregados en la metodología citan y proponen que para la mayoría de los suelos se deben tamizar durante 5 minutos (Kemper & Rosenau 1986; Carter, 1990). Para los suelos de la costa este de U.S.A. se sugiere tamizar en húmedo durante 10 minutos. En el caso de los suelos rojos se tamizó durante 30 minutos debido a sus buenas condiciones estructurales (Dalurzo, 2001) a fin de poder detectar las diferencias que únicamente se manifestaban en mayor cantidad de tiempo.

## Resultados

Tabla N° 2 Datos obtenidos de Materia Orgánica y Estabilidad de Agregados.

| MUESTRAS   | Materia Orgánica (%) | Estabilidad de Agregados (%) |
|--|----------------------|------------------------------|
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (0-20 cm)        | 2,7                  | 70,82                        |
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (20-40 cm)       | 2,2                  | 66,72                        |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)  | 2,85                 | 74,16                        |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm) | 2,25                 | 65,05                        |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (0-20 cm)         | 3,1                  | 74,27                        |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (20-40 cm)        | 2,5                  | 70,19                        |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)   | 3,22                 | 76,09                        |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm)  | 2,62                 | 69,57                        |

Observaciones: dichos datos corresponden a valores promedio de cada tratamiento y profundidad de las muestras trabajadas.

## Interpretación de los valores de materia orgánica

Con la siguiente tabla 3 se interpretaron los valores de materia orgánica, estos están expresados en porcentaje.

Tabla N° 3: Valores con los cuales se interpretan los valores de materia orgánica

| Valores          | Bajos     | Medios  | Altos |
|------------------|-----------|---------|-------|
| Materia Orgánica | 0,8 - 1,7 | 1,7 – 3 | 3 – 4 |

La mayoría de los valores presentan contenidos medios de materia orgánica con excepción de los valores de yerbales de 2 años sin enmiendas (0 - 20 cm) y yerbales de 2 años con 1,5 Tn de dolomita (0 - 20 cm) que presentan mayores contenidos de materia orgánica que influirían en un mejor comportamiento del suelo y su funcionamiento.



## PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y SODIO

Para realizar esta determinación se prepararon los extractos de saturación en las 150 muestras ya citadas. Para ello, primero se colocó el suelo seco al aire en tubos de centrífuga y se agregó acetato de  $\text{NH}_4$  1N, sometiéndolos a agitado y centrifugación para luego filtrarlos y poder realizar las determinaciones en dichos extractos donde se desplazaron las bases cambiables (Ca; Mg; K y Na).

### Procedimiento para la saturación:

En un tubo de 350 ml se colocó 10 g de suelo seco al aire a continuación se agregó 35 ml de acetato de  $\text{NH}_4$  1N, se tapó y agitó por 15 minutos con agitador mecánico, luego se centrifugó a 2000 rpm por minuto, finalmente se filtró el sobrenadante en matraz de 250 ml y, se repitió la misma operación 2 veces, una con 35 ml de acetato de  $\text{NH}_4$  y otra con 30 ml de acetato de  $\text{NH}_4$  de esta manera se completaron 100 ml de extracto.

### Determinación de potasio intercambiable por fotometría de llama (Dewis & Freitas, 1970)

Reactivos:

- Solución reserva de KCl 0,2N: se pesó 1,491 g de KCl previamente seco en estufa y se transfirió a un matraz aforado de 1000 ml. Luego se disolvió y completó con agua destilada a volumen.
- Solución patrón de trabajo: se pipeteó 2,5 ml de solución de reserva y se transfirió a un matraz de 1000 ml respectivamente. Se completó a volumen con agua destilada para obtener soluciones patrón para la regulación del fotómetro de llama. Usando esta solución de máxima concentración (0,5 meq/litro) como referencia. El aparato se reguló para proveer una lectura del fotómetro ajustando el cero con la solución extractante y se obtuvo la lectura de la solución patrón de mayor concentración, a partir de la cual la relación lectura - concentración no es lineal y por ello con muestras que presentaron lecturas superiores a la concentración máxima debieron diluirse para poder leer dentro de dicho rango.

Tabla 4: Concentración de K de las distintas soluciones patrones empleadas.

| ml. sol. Patrón / 100ml | Normalidad de la solución patrón | Equivalencia en meq/litro |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 0,5                     | 0,0001                           | 0,1                       |
| 1,0                     | 0,0002                           | 0,2                       |
| 1,5                     | 0,0003                           | 0,3                       |
| 2,0                     | 0,0004                           | 0,4                       |
| 2,5                     | 0,0005                           | 0,5                       |

**Procedimiento:**

Con el aparato puesto a punto y regulado, luego se procedió a la lectura de la incógnita. Se realizó el cálculo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{cmol de K/kg suelo} = \frac{Lx}{Lc} \cdot \frac{0,0005 \text{ N. Vol. Ext. Vd} \cdot 100}{\text{alícuota} \cdot \text{g de suelo}}$$

Lx: lectura de la alícuota problema.

Lc: lectura de calibración del aparato con la solución de máxima concentración, que para el presente caso y el fotómetro utilizado fue igual 10.

N: Normalidad de la solución patrón de KCl (0,0005 N).

Vol. Ext.: ml de solución extractora (100 ml).

Vd: volumen de dilución del extracto.

Una vez obtenida la cantidad de potasio en las muestras se multiplicó por el  $fc_1$  para eliminar el contenido de humedad del suelo seco al aire.



**Figura n° 4: Determinación de potasio intercambiable con fotómetro de llama**

**Determinación de sodio intercambiable por fotometría de llama (Dewis & Freitas, 1970)**

Reactivos:

Patrón de Na:  $\text{ClNa } 0,04\text{N} = 40 \text{ meq / litro} = 920 \text{ ppm}$ .

De dicha solución se realizaron las diluciones que se presentan en la Tabla 5, empleando la concentración máxima de 0,001 N para llevar la lectura del fotómetro de llama al valor de 100.

Tabla N° 5: Concentración de sodio en las soluciones patrones usadas

| ml sol. Patrón/100ml | Normalidad de la sol. Patrón | equivalencia meq L <sup>-1</sup> |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 0,5                  | 0,0002                       | 0,2                              |
| 1,0                  | 0,0004                       | 0,4                              |
| 1,5                  | 0,0006                       | 0,6                              |
| 2,0                  | 0,0008                       | 0,8                              |
| 2,5                  | 0,0010                       | 1,0                              |

**Procedimiento:**

En el extracto de Acetato de amonio obtenido, como fue explicado anteriormente, se determinó el Na<sup>+</sup> por fotometría de llama en las muestras problemas una vez ajustado los valores de menor concentración a cero con Acetato de amonio empleado en los extractos y el valor de 100 como ya fue explicado. Para el cálculo de los contenidos de sodio se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{cmol de Na/kg suelo} = \frac{Lx}{Lc} \cdot \frac{0,001 \text{ N. Vol. Ext. Vd} \cdot 100}{\text{alícuota} \cdot \text{g de suelo}}$$

Lx: lectura de la alícuota problema.

Lc: lectura de calibración del aparato con la solución de máxima concentración, que para el presente caso y el fotómetro utilizado fue igual 100.

N: Normalidad de la solución patrón de NaCl (0,001 N).

Vol. Ext.: ml de solución extractora (100 ml).

Vd: volumen de dilución del extracto.

fc1: factor de corrección de humedad. Una vez obtenido las cantidades de sodio de las muestras se multiplicó por este factor para eliminar el contenido de humedad del suelo seco al aire.

**Determinación de calcio y magnesio por Complejometría con EDTA (Dewis & Freitas, 1970)**

**Reactivos:**

- Solución patrón de Calcio: se pesó 1,0009 g de CaCO<sub>3</sub> p.a. desecado a 150°C, se colocó en un matraz aforado de 1000 ml y se agregó gota a gota HCl hasta total dilución del CaCO<sub>3</sub>. Por último se diluyó a un litro con agua destilada se agitó y se guardó al abrigo de la luz.
- Solución reguladora de calcio: se pesó 200 g de hidróxido de sodio en lentejas, se disolvieron en agua destilada, se enfriaron convenientemente y cuando el líquido estuvo frío, se diluyó a 1 litro.
- Solución de cianuro de potasio (KCN): se pesó 2 g de cianuro de potasio, luego se disolvió en agua destilada y por último se diluyó a 100 ml.
- Indicador Calcón: se disolvió 20 mg de Calcón en 50 ml de metanol.
- Solución de Versenato (EDTA disódica) 0,02 N: se pesó 3,7225 g de EDTA disódica, posteriormente se disolvió en agua destilada y se diluyó a 1 litro.
- Solución patrón de magnesio: se pesó 2,5222 g de SO<sub>4</sub>Mg 2H<sub>2</sub>O, se disolvió en agua destilada y se diluyó a 1 litro. Finalmente se agitó y guardó al abrigo de la luz.

- Solución reguladora para calcio + magnesio: se pesó 67,5 g de  $\text{ClNH}_4$  y se disolvió en 200 ml de agua destilada. Luego se agregaron 570 ml de amoníaco concentrado y finalmente se diluyó a 1 litro agitando.
- Indicador negro de eriocromo T: se disolvió 5 g de negro de eriocromo T y 4,5 g de Clorhidrato de hidroxilamina en 300 ml de alcohol etílico al 95 %.

Determinación del factor de corrección del EDTA:

Para calcio: Se agregó 5 ml de la solución patrón de Ca a un erlenmeyer de 125 ml, a continuación se agregó 20 ml de agua destilada, 2 ml de solución reguladora para calcio, 4 a 5 gotas del indicador calcón. Finalmente se agregó la solución de EDTA desde una microbureta, hasta que el indicador viró de violeta al azul. Sólo en esta determinación, para mayor seguridad, y como se usa en todos los cálculos, se realizó por triplicado.

Factor volumétrico:

$$f_{\text{Ca}} = \frac{\text{ml de la solución patrón de Ca}}{\text{ml de soluc. de EDTA gastados}}$$

Para magnesio: Se agregó 5 ml de la solución patrón de Mg a un erlenmeyer de 125 ml, luego se agregó 20 ml de agua destilada, 2 ml de la solución reguladora para calcio + magnesio y 5-6 gotas de indicador negro de eriocromo T. Se tituló de la misma manera que la descripta para Ca. El color viró del rojo vino al azul. Esta determinación para mayor seguridad y como se usa en todos los cálculos, se realizó por triplicado.

$$f_{\text{Mg}} = \frac{\text{ml de la solución patrón de Mg}}{\text{ml de soluc. de EDTA gastados}}$$

### Procedimiento:

Para el calcio: se tomó 5 ml del filtrado y luego se transfirió a un erlenmeyer de 125 ml. Posteriormente, se agregó 80 ml de agua destilada para dar volumen y luego se agregó 2 ml de la solución reguladora para Ca, después, 1-2 gotas de indicador Calcon y, en caso de ser necesarias también se agregó, 2 ml de la solución de KCN. El líquido tenía un pH próximo a 12 y tomó una coloración rojo vino. Se tituló con EDTA 0,02N, usando microbureta hasta que una gota hizo virar el indicador al azul. A este volumen gastado, a los fines de cálculos, se lo denominó V1.

Cálculos:

$$\text{cmol Ca}^{+2} \text{ kg}^{-1} \text{ suelo} = \frac{V_1 \cdot 0,02 \cdot f_{\text{Ca}} \cdot 100 \text{ ml} \cdot 100 \cdot f_{\text{C1}}}{\text{alícuota} \cdot \text{g de suelo}}$$

Donde:

V<sub>1</sub>: ml de EDTA gastados en la titulación de Ca.

N: normalidad de la solución.

100: ml de solución extractora utilizada.



**Figura nº 5: Titulación de calcio con EDTA**

Para el magnesio: también se tomó 5 ml del filtrado y se transfirió a un erlenmeyer de 125 ml. Después se agregó 80 ml de agua destilada. Luego se agregó 2 ml de la solución reguladora para (Ca + Mg) y en caso necesario se agregó, 2 ml de la solución de KCN. Finalmente se agregó 5-6 gotas de negro de eriocromo T, el líquido tomó una coloración rojo vino a turquesa. Se valoró con EDTA usando una microbureta hasta que una gota hizo virar el indicador a azul. Llamando al volumen gastado V2.

Cálculos:

$$\text{cmol Mg}^{+2} \text{ kg}^{-1} \text{ suelo} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot 0,02 \cdot f_{\text{Mg}} \cdot 100 \text{ ml} \cdot 100 \cdot f_{c1}}{\text{alícuota} \cdot \text{g de suelo}}$$

Donde:

V<sub>1</sub>: ml de EDTA gastados en la titulación de Ca.

V<sub>2</sub>: ml de EDTA gastados en la titulación de Ca + Mg.

N: normalidad de la solución.

100: ml de solución extractora utilizada.

### **Comentarios sobre la determinación de las bases**

En la determinación de las bases cambiables, más precisamente para la determinación de Calcio y Magnesio intercambiables en los casos en que la formación del color de la titulación en el punto final no fue el adecuado o no se visualizó correctamente debido a interferencias, se emplearon otros reactivos a tales fines, con el objetivo de eliminar dichos inconvenientes que se presentaban al momento de la titulación.

En tales casos se usaron algunas soluciones como Clorhidrato de hidroxilamina (3 gotas) y cuando el problema persistía se recurrió en esas muestras a usar Trietanolamina (3 gotas) sin obviar el empleo del KCN (2 ml). En otras situaciones donde no se lograba la formación del color en el punto final, se llegaron a emplear hasta 0,5 a 1 ml por muestra. El Clorhidrato de hidroxilamina

empleado fue en una concentración al 5% y la Trietanolamina usada se preparó con 100 ml de T.E.A. disolviendo con 300 ml de agua.

Debido a que además de las muestras de suelos rojos también se emplearon otras de la región NEA, se presentaron suelos, donde no fue necesario recurrir a estos reactivos y el color final fue logrado sin inconvenientes como ser en muestras de suelos de Makallé (Chaco) y en suelos arenosos del Departamento Capital (Corrientes).

## Resultados obtenidos

Tabla N° 6 Datos obtenidos de Ca, Mg, K, Na y valor S de Hissink

| MUESTRAS   | Ca                    | Mg   | K    | Na   | Bases Cambiables |
|--|-----------------------|------|------|------|------------------|
|  | cmol kg <sup>-1</sup> |      |      |      |                  |
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (0-20 cm)        | 1,87                  | 0,59 | 0,78 | 0,2  | 3,44             |
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (20-40 cm)       | 1,49                  | 0,62 | 0,78 | 0,18 | 3,07             |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)  | 2,02                  | 0,80 | 0,65 | 0,2  | 3,67             |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm) | 1,95                  | 0,76 | 0,63 | 0,18 | 3,52             |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (0-20 cm)         | 1,66                  | 0,69 | 0,58 | 0,12 | 3,05             |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (20-40 cm)        | 1,33                  | 0,74 | 0,46 | 0,24 | 2,77             |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)   | 2,39                  | 0,92 | 0,51 | 0,20 | 4,02             |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm)  | 2,01                  | 0,56 | 0,44 | 0,29 | 3,3              |

Observaciones: dichos datos corresponden a valores promedio por cada situación y profundidad de las muestras trabajadas.

## Interpretación de los valores de calcio, magnesio, potasio y sodio

Los valores de Ca, Mg y K se interpretaron con la siguiente tabla n° 7, los cuales están expresados en cmolc kg<sup>-1</sup> y los que están dentro del complejo de intercambio están expresados en porcentaje.

Tabla N° 7 Valores con los cuales se interpretan los resultados de Ca, Mg, K y Na.

| Valores  | Bajos                 | Medios     | Altos       | Expresados en % dentro del complejo de intercambio |
|----------|-----------------------|------------|-------------|--|
|          | cmol kg <sup>-1</sup> |            |             |  |
| Calcio   | menor a 2             | 2 – 5      | mayor a 5   | 65 - 85  |
| Magnesio | menor a 0,5           | 0,5 – 1    | mayor a 1   | 10 - 15  |
| Potasio  | menor a 0,12          | 0,12 - 0,3 | mayor a 0,3 | 1 -5   |
| Sodio    | -                     | -          | -           | Menor a 1%   |

El calcio presentó valores bajos con la excepción de Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm), y en Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita en ambas profundidades, tanto de 0-20 cm como de 20-40 cm de profundidad que presentan valores medios.

Los valores de magnesio correspondieron en todos los casos a valores clasificados como contenidos medios.

Los valores de potasio fueron altos para todas las situaciones evaluadas, y dado que se evaluaron suelos ácidos, los valores de sodio fueron bajos.

## **PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL HIDRÓGENO**

Para determinar pH potenciométricamente también se utilizaron muestras de suelos rojos provenientes de la Provincia de Misiones para ello se pesó en vasos de plástico y luego se agregó agua destilada o KCl 0,1 M respetando la relación 1:2,5 y luego se mezclaron todas las muestras durante 30 minutos.

Durante esta determinación surgió el inconveniente donde el potenciómetro utilizado tuvo desperfecto en su funcionamiento y hubo que recurrir a otro equipo en calidad de préstamo para

### **Usando solución acuosa (Jackson, 1970).**

Previo a la medición del pH, el aparato fue calibrado con las soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7.

Se pesó 10 g de suelo tamizado y seco al aire, en un vaso de plástico de 50 ml. a continuación se añadió 25 ml de agua destilada y se revolvió la suspensión de vez en cuando durante 30 minutos. Finalmente se volvió a mezclar la suspensión y se midió inmediatamente su pH introduciendo los electrodos del potenciómetro dentro del vaso de plástico de manera que queden en contacto electrodo y suspensión.

### **Usando solución salina (Jackson, 1970).**

Se procedió de la misma forma que en el método anterior, pero usando ClK 0,1 M

## **PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR ACIDEZ Y ALUMINIO INTERCAMBIABLE**

Para realizar esta determinación se emplearon las 150 muestras de suelos del sur de Misiones ya citadas, usando una solución de KCl 1N como extractante del H y del Al intercambiables.

### **Determinación de la acidez y del aluminio intercambiable (Dewis & Freitas, 1970)**

Reactivos:

Cloruro de potasio (KCl) 1N.

Solución complejadora de aluminio, fluoruro de sodio (FNa) 1N. Se neutralizó con NaOH, utilizando fenolftaleína como indicador. pH 8,2.

Ácido clorhídrico (ClH) 0,1N, estandarizado.

Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1N, estandarizado.

Fenolftaleína: solución al 1% en etanol.

### Procedimiento:

Se pesó 10 g de suelo tamizado, en envases plásticos de 250 ml y se agregó 100 ml de KCl 1N. Se agitaron los recipientes durante 30 minutos y luego las muestras se centrifugaron durante 5 minutos a 2000 rpm, a fin de evitar la ruptura de los recipientes plásticos empleados, y se filtró el sobrenadante en un matraz de 100 ml.

Se puso una alícuota de 25 ml en un erlenmeyer de 125 ml luego se agregó 4-5 gotas de Fenolftaleína, solución al 1% en etanol, y se tituló agitando hasta que aparezca color rosado permanente.

Del mismo modo, se tituló el blanco, tomando 25 ml de la solución de KCl, procediendo como ya se describió.

Al extracto titulado con OHNa, se agregaron 3 gotas de HCl 0,1N hasta que desaparezca el color rosa, y luego se adicionó una solución complejadora de aluminio, como el fluoruro de sodio 1N (10 ml). Finalmente se tituló con ClH 0,1N, hasta que desaparezca el color rosado. Se esperó 30 minutos y, si el color reaparecía, continuamos con la titulación.

Cálculos

$$\text{cmol Acidez intercambiable kg}^{-1} \text{ suelo} = \frac{(m - b) \cdot N \cdot V \cdot 100}{a \cdot g}$$

$$\text{cmol Al}^{+3} \text{ intercambiable kg}^{-1} \text{ suelo} = \frac{\text{ml ClH} \cdot N \cdot V \cdot 100}{a \cdot g}$$

$$\text{cmol H intercambiable/ kg suelo} = \text{Acidez inter.} - \text{Al inter.}$$

Donde:

m = ml OHNa gastados en la muestra

b = ml OHNa gastados en el blanco

N = normalidad OHNa ó HCl

V = volumen utilizado para la extracción

a = alícuota utilizada para la titulación

g = gramos de suelo utilizado

### Comentario de la determinación de acidez y aluminio intercambiable

En la determinación de acidez y aluminio intercambiable donde se encontró elevados contenidos que variaron entre 2 y 5 cmol kg<sup>-1</sup>, se usaron en algunos casos menores volúmenes de alícuotas que las recomendadas en la bibliografía a los fines de evitar gastos innecesarios de reactivos, además se confirmó que con estos menores volúmenes de alícuotas los análisis fueron satisfactorios.



## Resultados

Tabla N° 8 Datos obtenidos de pH en agua y en KCl, Acidez, Al, C.I.C.E.

| MUESTRAS   | pH en | pH en    | Acidez                | Al   | C.I.C.E. |
|--|-------|----------|-----------------------|------|----------|
|  | Agua  | KCl 0,1M | cmol kg <sup>-1</sup> |      |          |
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (0-20 cm)        | 4,6   | 4,01     | 1,80                  | 3,02 | 6,46     |
| Yerbales de 30 años sin enmiendas (20-40 cm)       | 4,53  | 3,89     | 1,75                  | 2,74 | 5,81     |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)  | 5,37  | 4,8      | 1,08                  | 2,2  | 5,87     |
| Yerbales 30 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm) | 5,17  | 4,6      | 1,09                  | 2,4  | 5,92     |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (0-20 cm)         | 4,4   | 4,0      | 1,96                  | 3,7  | 6,75     |
| Yerbales de 2 años sin enmiendas (20-40 cm)        | 4,33  | 4,0      | 1,49                  | 3,74 | 6,51     |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (0-20 cm)   | 5,41  | 5,0      | 1,08                  | 1,5  | 5,52     |
| Yerbales 2 años con 1,5 Tn de dolomita (20-40 cm)  | 5,01  | 4,44     | 1,08                  | 1,8  | 5,1      |

Observaciones: dichos datos corresponden a valores promedio de las determinaciones realizadas por cada tratamiento y profundidad de las muestras trabajadas.

### Interpretación del pH del suelo en agua destilada en relación 1:2,5

La interpretación de la reacción se efectuó usando la siguiente tabla:

Tabla N° 9 Valores con los cuales se interpretan los resultados de pH

| Descripción         | pH en agua   |
|---------------------|--------------|
| Fuertemente ácido   | menor de 4,5 |
| Moderadamente ácido | 4,5 a 5,5    |
| Ligeramente ácido   | 5,5 a 6,5    |
| Neutro              | 6,5 a 7,5    |
| Alcalino            | mayor de 7,5 |

### Interpretación del pH del suelo en KCl en relación 1:2,5

Los valores que se obtuvieron por esta técnica son más constantes y en general más bajos que los obtenidos empleando agua destilada. La diferencia oscila entre 0,5 y 1,0 unidades de pH. Ello se debe al intercambio de los protones (H<sup>+</sup>) por el catión K<sup>+</sup>.

Usando KCl, la reacción del suelo se clasificó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 10 Valores con los cuales se interpretan los resultados de pH en KCl 0,1M

| Descripción             | pH en KCl     |
|-------------------------|---------------|
| Extremadamente ácido    | menor de 4    |
| Fuertemente ácido       | 4,0 a 4,9     |
| Medianamente ácido      | 5,0 a 5,9     |
| Ligeramente ácido       | 6,0 a 6,9     |
| Neutro                  | 7,0           |
| Ligeramente alcalino    | 7,1 a 8,0     |
| Medianamente alcalino   | 8,1 a 9,0     |
| Fuertemente alcalino    | 9,1 a 10,0    |
| Extremadamente alcalino | mayor de 10,1 |

### Interpretación de los valores de la acidez intercambiable

Los valores de acidez intercambiables están expresados en  $\text{cmol kg}^{-1}$  de suelo y fueron interpretados teniendo en cuenta la siguiente tabla.

Tabla N° 11 Valores con los cuales se interpretan los resultados de acidez intercambiable

| Valores               | Bajos       | Medios  | Altos     |
|-----------------------|-------------|---------|-----------|
| Acidez intercambiable | menor a 2,5 | 2,6 – 5 | mayor a 5 |

### Interpretación de los valores de la Capacidad de Intercambio Catiónica efectiva

Los valores de CICE están expresados en  $\text{cmol kg}^{-1}$  de suelo y se utilizó la siguiente tabla para poder interpretarlos.

Tabla N° 12 Valores con los cuales se interpretan los resultados de CICE

| Valores | Bajos  | Medios  | Altos   |
|---------|--------|---------|---------|
| CICE    | 5 – 10 | 10 – 17 | 17 – 25 |

Los valores de pH en agua destilada fueron moderadamente ácidos y los determinados en KCl 0,1 M variaron de medianamente a fuertemente ácidos, con elevados valores de aluminio intercambiables, ya que salvo en yerbales de 2 años con 1,5 Tn de Dolomita con 27% de Al intercambiable, en casi todos los casos superaron el 30% de Al, lo cual influye en afectar los rendimientos de dicho cultivo.

La CICE de los suelos fueron bajos, fluctuando entre 5,1 – 6,7  $\text{cmol kg}^{-1}$  de suelo, valores relacionados a la pedogénesis de los mismos que resultaron de una elevada intemperización a lo largo de los años que provocó la caída de la capacidad de retención cationes intercambiables.

Antes de explicar el procedimiento cabe mencionar que en el periodo en que realizó este Trabajo Final de Graduación se presentó la posibilidad de participar en la determinación de otras variables físicas, como el análisis de la distribución del tamaño de las partículas del suelo en la cual tuve la ocasión de practicar y entrenarme, este análisis fue realizado con el método de Bouyoucos. Se analizaron 10 muestras de textura gruesa y 30 de texturas medias y finas del Chaco, y 10 de textura fina del Sur de Corrientes. Totalizando 50 determinaciones de esta variable. Por lo cual se incorpora la metodología empleada y esas determinaciones dentro de las actividades realizadas.

## **PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS PRIMARIAS DEL SUELO**

### **Determinación de la textura (Método Hidrométrico de Bouyoucos)**

El método hidrométrico de Bouyoucos está basado en la Ley de Stokes, considerando la ecuación:

$$D = \frac{C \cdot d_l}{1000} \cdot \frac{(1 - d_l)}{d_s}$$

Donde:

D: densidad de la suspensión del suelo

$d_l$ : densidad de la faz líquida

$d_s$ : densidad de la sólida

C: concentración de los sólidos en suspensión

Es decir, que conociendo la densidad de la suspensión, se puede averiguar para determinados valores de  $d_l$  y  $d_s$ , la concentración de los sólidos en suspensión.

El hidrómetro es un densímetro especial, calibrado en términos de concentración ( $\text{g L}^{-1}$ ) de lectura directa, aunque el empuje que reciba esté dado por la densidad de la suspensión del suelo.

Para ello se emplearon los siguientes materiales a saber:

- Se empleó el A.S.T.M. N°152 H, con escala Bouyoucos en  $\text{g L}^{-1}$  calibrado a 20°C.
- Dispersora eléctrica, con paletas reemplazables (normas A.S.T.M.).
- Probetas graduadas de 1 litro, que constaban de tres marcas (1250; 1130 y 1000 ml), en la parte superior de las mismas. Las muestras dispersadas se pueden agitar con el tapón de goma específico para tales fines o sellando y usando la mano directamente.
- Termómetro.
- Balanza eléctrica con tres decimales.
- Vasos de precipitados de 500 ml.
- Baño María.

#### Reactivos:

- Agua oxigenada 100 vol.
- NaOH 1N.
- Alcohol amílico.
- Agua destilada.

#### Procedimiento:

1. Primero se determinó la humedad de la muestra para la corrección del suelo pesado y eliminar el exceso relacionado únicamente a la humedad ambiente captada por las partículas de suelo.
2. Se pesó 50 gramos de suelo si eran de textura fina o 100 gramos si eran de textura gruesa.
3. Se destruyeron la materia orgánica y agentes cementantes.
  - a. Se añadió 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada; se agitó hasta total humedecimiento de la muestra.
  - b. Luego se añadió 10 cm<sup>3</sup> de agua oxigenada de 100 volúmenes al 30%; se agitó al máximo si hay formación de espuma.
  - c. Cuando cesó el burbujeo, nuevamente se las puso en baño maría controlando que no se produzca derrame de las muestras y pérdida del material a analizar. Se bajaron las muestras del baño maría y se dejó enfriar ligeramente para luego añadir otros 10 cm<sup>3</sup> de agua oxigenada, y se repitió la operación hasta que la incorporación del reactivo no produzca más reacción.
  - d. Se repitió el agregado del reactivo hasta que la muestra pierde el color oscuro y no haya más producción de espuma ni burbujas. En las muestras de suelos rojos se pudo visualizar la producción de espuma relacionada a altos contenidos de concreciones de hierro manganeso. Dicha espuma no está relacionada a contenidos orgánicos del suelo, por lo cual a pesar de haberse perdido o atacada toda la materia orgánica, continuaba la formación de espuma de burbujas muy pequeñas (relacionadas a las concreciones de Fe Mn), y recién en ese momento se daba por finalizado el proceso de destrucción de la fracción orgánica.
4. Descalcificación (cuando se usaron muestras de Curuzú Cuatía con suelos con elevado contenido de CaCO<sub>3</sub>).
  - a. Luego de finalizar el paso anterior, se dejó enfriar.
  - b. Agregamos 4 cm<sup>3</sup> de HCl 1N para descomponer carbonatos.
  - c. Se esperó que cese la efervescencia.
  - d. Se pasó el preparado por un embudo tipo Buchner, aplicando vacío. Si las primeras porciones del filtrado resultaban turbias, se las refiltraba hasta que pasen limpias.
  - e. Se lavaron las muestras en el mismo embudo Buchner, con 3-4 incluso más porciones de 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada, con el objeto de eliminar electrolitos.
  - f. La eliminación se comprueba, recogiendo en un tubo gotas del lavado y haciendo la reacción de cloruros con NO<sub>3</sub>Ag, que debían resultar negativas sin presencia de turbidez blanquecina del AgCl.
5. Dispersión química.
  - a. Las muestras que se encontraban en vasos de precipitados de 500 cm<sup>3</sup>, se les añadió 10 cm<sup>3</sup> de NaOH 1N y aproximadamente 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada.
  - b. Se agitaron fuertemente con una varilla de vidrio y se dejaron en reposo por lo menos 10 minutos.

6. Dispersión mecánica.
  - a. Se traspasaron las suspensiones a la copa del dispersor, ayudándose con una piseta o frasco lavador con agua destilada.
  - b. Se colocó la copa del dispersor y se lo dejó actuar por 5 minutos cuando la textura del suelo era gruesa (probando al tacto); 10 minutos si la textura era fina ó 20 minutos si se trataba de un suelo con contenidos muy elevados en arcilla, como una muestra proveniente de suelos de Curuzú Cuatía (Corrientes).
7. Calibrado del hidrómetro.
  - a. Se colocó 10 cm<sup>3</sup> de NaOH en una probeta de un litro.
  - b. A continuación se llevó a volumen con agua destilada y se homogeneizó la solución.
  - c. Posteriormente se introdujo cuidadosamente el hidrómetro en la solución y se determinó la lectura de la escala en el borde superior del menisco que rodea al vástago. Se anotó la lectura RL.
  - d. Se tomó la temperatura de la solución para hacer la corrección correspondiente y se agregó 1 o 2 gotas de alcohol amílico para eliminar espuma si ésta impedía una lectura clara y correcta.
8. Preparación de la muestra para el análisis densimétrico.
  - a. Se vertió completamente el contenido de la copa del dispersor en una probeta graduada de 1 litro con ayuda de agua destilada.
  - b. A continuación se colocó el hidrómetro en la probeta y se llenó la probeta hasta la marca inferior si se usaron 50 gramos de muestra y hasta la marca superior, si se usaron 100 gramos de suelo.
  - c. Se retiró el hidrómetro y se tapó la probeta con la mano, se agitó su contenido con vaivén de arriba abajo, unas 20 veces, cuidando que no quede ningún sedimento en el fondo.
  - d. Posteriormente se colocó la probeta sobre una mesa plana y comenzó la cuenta del tiempo de sedimentación inmediatamente. Cuidando que la sedimentación no se altere. La probeta no se movió hasta la finalización del análisis.
  - e. Después de 40 segundos (para la Escala de clasificación de tamaño de partículas del Sistema Internacional) de iniciada la sedimentación, se introdujo el hidrómetro cuidadosamente en la suspensión y, se realizó la lectura (R1) en la parte superior del menisco. Ésta dio el contenido de limo más arcilla.
  - f. Luego se hizo otra lectura a los 120 minutos (R2) que nos dio el contenido de arcilla (partículas de 2 micrones). Se anotaron las lecturas hidrométricas tomadas (R1 y R2) en los diferentes tiempos de sedimentación, al mismo tiempo de haber llevado el control de la temperatura, durante el desarrollo de las lecturas.
  - g. Finalmente se tomó la temperatura de la solución para hacer la corrección correspondiente.

Cálculos:

Correcciones de las lecturas por temperatura

Cuando se realiza una lectura hidrométrica se aplica un factor de corrección igual a 0,36 por cada grado centígrado de diferencia, más alto o más bajo de 20°C, ya que los hidrómetros están calibrados a esa temperatura.

Cuando la temperatura es superior a 20°C, se suma el producto del factor de corrección por la diferencia de temperatura. Cuando la temperatura es menor de 20°C, se resta. Esta corrección sólo se puede emplear entre 15° y 24°C.

$$R_C = R_L \pm (0.36 \cdot d_T)$$

Donde:

$R_C$ : lectura del hidrómetro corregida por temperatura.

$R_L$ : Lectura de calibración del hidrómetro (lectura del blanco).

$d_T$ : Diferencia en más o en menos de 20°C.

Para corregir los contenidos de humedad se recurrió a la siguiente fórmula que se transcribe, debido a que se modificaron valores dentro de la fórmula:

$$f_{C_2} = \frac{100-H}{100}$$

Donde:            H: Porcentaje de humedad del suelo seco al aire

Cálculo del porcentaje de las fracciones

Porcentaje de limo más arcilla:

$$\%(\text{Limo} + \text{Arcilla}) = \frac{(R_1 - R_C)}{C_0} \cdot 100$$

Donde:

$R_1$ : Lectura hidrométrica directa, a los 40 segundos.

$R_C$ : Lectura hidrométrica corregida por temperatura.

$C_0$ : Gramos de suelo seco a estufa empleados por el factor de corrección  $f_{C_2}$ .

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{(R_2 - R_C)}{C_0} \cdot 100$$

Donde:

$R_2$ : Lectura hidrométrica directa a los 120 minutos.

$R_C$ : Lectura hidrométrica corregida por temperatura.

$C_0$ : Gramos de suelo seco a estufa empleados por el factor de corrección  $f_{C_2}$ .

$$\% \text{ Limo} = \% (\text{Limo} + \text{Arcilla}) - \% \text{ Arcilla}$$

$$\% \text{ Arena} = 100 - \% (\text{Limo} + \text{Arcilla})$$



**Figura 6 y 7: Lectura del blanco**



**Figura 8: Preparación de la muestra para la realización de la lectura con el densímetro**

### **Comentario sobre la determinación de textura**

En el caso de las muestras donde se determinó textura, por ejemplo, en muestras con elevados valores de conductividad eléctrica, donde las partículas del mismo floculaban, se necesitó hacer un lavado de las mismas. Una vez que se preparó la suspensión de suelo y estaban en la probeta, luego de agitarlas no se podían hacer las lecturas, entonces se realizó el lavado de las sales. En algunas muestras de mayor conductividad eléctrica no se pudo hacer bien la primer lectura y en las muestras de conductividad menor se pudo hacer la primer lectura pero no la segunda a los 120 minutos, pues a la hora se empezó a notar una incipiente sedimentación evidenciada por una mayor transparencia en la parte superior de la suspensión de suelo. En tales situaciones se dejó la muestra

sin agitar durante toda la noche y se eliminó la parte líquida de la suspensión que quedó más clarificada. Luego se llenó nuevamente con agua destilada la probeta las veces que fueron necesarias hasta que no se observó más sedimentación en el fondo de la probeta.

Con respecto a otros aspectos de la determinación de textura cabe comentar respecto a las cantidades de peróxido de hidrógeno usados para la destrucción de agentes cementantes de origen orgánico que en las muestras de suelos rojos los volúmenes usados de dicho reactivo fueron muy superiores (80 ml) a los empleados en suelos provenientes del Chaco donde se usaron de 50 a 60 ml según la riqueza de carbono orgánico de los suelos y dependiendo de la degradación que tenían los lotes muestreados y los años de agricultura que soportaron.

## Resultados

Tabla N° 13 Datos obtenidos de los diferentes tamaños de partículas del suelo y las clases texturales de muestras del Chaco y del Norte y Sur de Corrientes.

|   |             | % Humedad | fc2    | arcilla | Arena | Limo  | clases texturales |
|---|-------------|-----------|--------|---------|-------|-------|-------------------|
| Muestra   | Profundidad |           |        | %       | %     | %     |                   |
| Media de 10 muestras Chaco                            | 0-10        | 8,08      | 0,9192 | 27,81   | 29,76 | 42,43 | Franco arcillosa  |
| Media de 10 muestras Chaco                            | 10-30       | 7,82      | 0,9218 | 28,81   | 27,80 | 43,39 | Franco arcillosa  |
| Media de 10 muestras Chaco                            | 30-50       | 6,75      | 0,9325 | 10,25   | 50,07 | 39,68 | Franca            |
| Media de 10 muestras Arenosas del Norte de Corrientes | 0-10        | 1,32      | 0,9868 | 4,30    | 92,48 | 3,22  | arenosa           |
| Media de 10 muestras del Sur de Corrientes            | L9 10-30    | 12,65     | 0,8735 | 45,29   | 30,67 | 24,04 | arcillosa         |

Observaciones: dichos datos corresponden a valores promedio de 30 muestras provenientes del Chaco y el promedio 20 muestras provenientes de Corrientes, totalizando 50 muestras analizadas.



## **COMENTARIOS FINALES**

En lo que respecta a mi trabajo final de graduación en la modalidad de pasantía como experiencia, fue algo muy provechoso, ya que logré complementar los conocimientos teóricos obtenidos en esta Facultad con las prácticas realizadas en el laboratorio.

Algo que me gustaría destacar es la relación que entablé con mis compañeros de trabajo, poder relacionarme con gente nueva con distintas experiencias y realidades vividas, fue algo muy positivo por el simple hecho poder trabajar en equipo que es algo fundamental para lograr el éxito en cualquier proyecto que desee emprender en un futuro como persona y como profesional.

Remarcar la importancia que tiene conocer la metodología aplicada a la hora de realizar los análisis, y con los resultados obtenidos, poder verificar si las prácticas realizadas en los suelos fueron acordes a lo esperado o si requieren alguna otra modificación.

Considero que la experiencia que me tocó transitar en los últimos años de mi carrera universitaria fue de lo más positiva y mi deseo sería dar lo mejor de mí con todo lo que aprendí, por lo cual expreso mi agradecimiento a esta querida casa de altos estudios.

### **Agradecimientos**

Primero quiero agradecer a mis padres que con tanto esfuerzo y sacrificio pudieron brindarme su apoyo para que haya podido cursar una carrera universitaria, también a mis hermanos que estuvieron presentes en todo momento dándome consejos. A mis amigos y compañeros de clase de diferentes clases y años que hicieron muy provechoso y enriquecedor el camino con anécdotas inolvidables.

Me gustaría agradecer también a la Catedra de Edafología por facilitarnos la máquina con la cual realizamos las mediciones de estabilidad de agregados y a la Catedra de Microbiología Agrícola que nos auxilió con un potenciómetro, sin estos grandes apoyos no hubiese sido posible realizar estas mediciones.

Finalmente quiero agradecer a mi asesor, el Ingeniero Agrónomo (Dr.) Humberto Carlos Dalurzo que me enseñó, aconsejó y ofreció su ayuda constantemente en todo este período de aprendizaje.

### **Opinión del Asesor**

En el presente trabajo el alumno Johad Toledo se dedicó con interés al tema abordado poniendo dedicación, tiempo y muy buena voluntad en las tareas emprendidas, sin tener inconvenientes en repetir determinaciones analíticas que requirieron chequear los valores hallados por errores involuntarios o cuando las repeticiones de los análisis superaron diferencias mayores de 2,5% entre sí.

Durante el desarrollo del trabajo por su motivación personal, y a fin de familiarizarse con otro tipo de análisis no previstos en su Plan de trabajo, se abocó en dichas tareas sin ningún problema a fin de completar su práctica de laboratorio consultando dudas e inquietudes. Por tal motivo se incluyeron dichas determinaciones en el presente Trabajo Final de Graduación, a pesar de ampliar la gama de análisis presentado en cierta medida en lo planificado inicialmente. Es apropiado aclarar que siempre demostró un buen desempeño y capacidad de trabajo en grupo, evidenciado en las tareas diarias y buena contracción al trabajo en todo el desarrollo de la pasantía.

## **Bibliografía**

- Análisis De Suelo para uso Agropecuario. 2015. Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencia Agrarias. UNNE. 26p
- Angers, D.A. and G.R. Mehuys. 1988. Effects of cropping on macro-aggregation of a marine clay soil. *Can. J. Soil Sci.* 68: 723-732.
- Carter, M.R. 1990. Relationship of strength properties to bulk density and macroporosity in cultivated loamy sand to loam soils. *Soil Tillage Res.* 15: 257-268.
- Dalurzo, H.C. 2001. Agregado de residuos orgánicos en suelos Ferralíticos. Efecto sobre variables que estiman sustentabilidad. Tesis de Magíster Scientiae del Área: Ciencia del Suelo. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Convenio Facultad de Agronomía – UBA – INTA. 256 pp.
- Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. p. 25-38. In J.W. Doran and Alice J. Jones (ed.). *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publ. 49. Soil Science Society of America Inc. Madison, WI.
- Dewis, J. y F. Freitas. 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín sobre suelos N°10. FAO. Roma. 252 p.
- EEA INTA Cerro Azul <http://siga.2.inta.gov.ar/en/estadistica/> [Último acceso: 11 06 2016].
- Forsythe, Warren, 1975. Física de suelos. Editorial Trilla, 212 p.
- Jackson M.L. 1970. Análisis Químico de los Suelos. Segunda Edición. Ediciones Omega. Barcelona 662 p.
- Karlen, D. L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, and G. E. Schuman. 1997. Soil Quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425-441. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Larson, W.E., and F.J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. p 175-203. In *Evaluation of sustainable management in the developing world. Vol. 2. IBSRAM Proc.* 121 (2). Int. Board for Soil Res. and Management, Bangkok. Thailand.
- Ligier, H.D., H.R. Matteio, H.L. Polo y J.R. Rosso. 1990. Provincia de Misiones. Escala 1:500.000. p 107-154. In *Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo II: 677 p.* (Ed) Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro de Investigaciones de Recursos Naturales.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 961-1010. In J.M. Bigham (ed.). *Methods of soil analysis Part 3. Chemical Methods*. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Staben, M. L., D.F. Bezdicek, J.L. Smith, and M.F. Fauci. 1997. Assessment of soil quality in Conservation Reserve Program and wheat fallow soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 124-130.
- Sikora, L.J., V. Yakovchenko, C.A. Cambardella, and J.W. Doran. 1996. Assessing soil quality by testing organic matter. p. 41-50. In F. R. Magdoff et al (ed.) *Soil organic matter: Analysis and interpretation*. SSSA Special Publication N°46. SSSA, Madison, WI.