

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo



**Actividad Biológica Global en suelos bajos diferentes usos en el
departamento Río Cuarto.**

**Alumno: Bonacci Alejandro Oscar
33.359.964**

Director: Ing. Agr. Bongiovanni Marcos

**Río Cuarto - Córdoba
Marzo/2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: ``Actividad Biológica Global en suelos bajos diferentes usos en el departamento Río Cuarto. ``

**Autor: Alejandro Oscar BONACCI
DNI: 33.359.964**

Director: Ing. Agr. Marcos BONGIOVANNI

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Marcos Bongiovanni _____

Amenco Degioanni _____

Roxana Marzari _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

INDICE

INDICE.....	1, 2
RESUMEN.....	3
SUMMARY.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5, 6, 7, 8, 9
ANTECEDENTE.....	10, 11, 12
HIPOTESIS.....	13
OBJETIVOS GENERALES.....	13
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
MATERIALES Y METODOS	
Caracterización de área de trabajo.....	14
Tratamiento y diseño experimental.....	15
Determinaciones realizadas.....	15,16,17
Análisis estadístico.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Contenido de materia orgánica según uso del suelo.....	18,19
Actividad Biológica Global y uso del suelo.....	19,20
Actividad Biológica Global según tiempo de incubación y uso del suelo.....	20, 21
Actividad Biológica Global según contenido de materia orgánica del suelo.....	21
Valor de pH del suelo según uso y efectos sobre la actividad biológica global...	22,23
Contenido de materia orgánica según textura del suelo.....	24
Relación de la Actividad Biológica Global y la textura del suelo.....	25
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27, 28, 29, 30, 31
ANEXOS.....	32, 33, 34, 35, 36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Contenido de materia orgánica según uso del suelo.....	18
Figura 2: Actividad biológica global según uso del suelo.....	19
Figura 3: Actividad biológica global según tiempo de incubación y uso del suelo...20	
Figura 4: Actividad biológica global según contenido de materia orgánica.....	21
Figura 5: Valor de pH según uso del suelo.....	22
Figura 6: Relación entre la actividad biológica global y pH del suelo.....	23
Figura 7: Contenido de materia orgánica según textura del suelo.....	24
Figura 8: Relación entre la actividad biológica global y textura del suelo.....	25

RESUMEN

En el presente trabajo se estudio como los diferentes usos del suelo afectan a la Actividad Biológica Global (ABG) del mismo. El uso afecta el contenido de materia orgánica (MO), siendo menor en los suelos de sistemas agrícolas y mayor en suelos de sistemas ganaderos. Los sistemas ganaderos tienen mayor ABG, existiendo diferencia estadística significativa, debido a que la MO actúa como fuente de nutrientes y energía para los microorganismos. El uso del suelo modifica los valores de pH, en los sistemas agrícolas, la extracción de bases por parte de los cultivos y la fertilización producen acidificación del suelo. Esta variación de pH en los sistemas agrícolas y ganaderos no modificó la ABG, debido a que esa variación de pH encontrada no fue pronunciada. La textura del suelo afecta el contenido de MO, siendo las texturas arcillosas con más contenido de carbono orgánico (CO), debido a una mayor protección a la misma. En este trabajo no se pudo encontrar relación entre la actividad biológica global y la textura del suelo.

Palabras claves: Respiración del suelo; Materia Orgánica; pH; Textura;

SUMMARY

In this paper we study how different soil uses affect Global Soil Biological Activity (GBA). The use affects organic matter content being lower in soils of agricultural systems and higher in livestock systems. Livestock systems are more GBA because the OM acts as a source of nutrients and energy for microorganisms. Land use changes of pH values, in agricultural systems, base extraction by crops and fertilization produce soil acidification. This variation of pH in the crop and livestock systems have not changed the GBA, because that pH variation is not pronounced. Soil texture affects OM content, with the clayey textures with more organic carbon content (OC), due to greater protection to it. No relationship was found between the overall biological activity and soil texture.

Keywords: Soil respiration, Organic Matter, pH; texture;

INTRODUCCION

En la provincia de Córdoba, el bosque nativo ha sido reemplazado en su mayor parte por pasturas y cultivos (SAGyP y CFA, 1995), en el último decenio, la agricultura ha desplazado a la ganadería debido a su mejor rentabilidad. Además, la superficie cultivada con soja se ha incrementado desde 500.000 ha en 1990-1991 hasta 5.149.550 ha en 2009-2010 (MAGyA de Córdoba); pero también se ha incrementado la superficie sembrada con siembra directa.

Las cuencas del Río Cuarto o Chocancharaba y de arroyos menores Santa Catalina, del Gato y El Ají, poseen una superficie de 2.297.500 ha, una población urbana de 175.300 habitantes y 3.380 explotaciones agropecuarias (Degioanni *et al.*, 2008). Esta región es eminentemente productora de bienes agropecuarios primarios. Datos obtenidos por la Encuesta Agropecuaria 2006/2007 (Cisneros *et al.*, 2008) indica que el cultivo de soja ocupa el 36 % de la superficie en operación, maíz ocupa el segundo lugar con un 17 % de superficie cultivada y las pasturas perennes cultivadas ocupan un 14%. La relación existente entre soja y maíz (2:1) y soja/pastura (3:1) indican claramente la tendencia actual a una agriculturización tipo “monocultivo de soja” en desmedro de las rotaciones, con todo lo que ello significa sobre los procesos de degradación ambiental. Por ejemplo las tasas de erosión estimadas para condiciones de uso y manejo del año 1999 arrojan valores entre 1,3 a 7,3 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Cisneros *et al.*, 2004). En cuanto a los procesos de pérdida de carbono orgánico (CO) en suelos representativos del sur de Córdoba fue estimado entre un 50 y 80% comparando situaciones de suelo sin alterar y bajo uso para diferentes ambientes pedológicos (Bongiovanni and Lobartini, 2006).

En un sentido amplio, se puede definir a la materia orgánica (MO) del suelo como el conjunto de restos orgánicos en distintas etapas de descomposición que se encuentran en el suelo. En un sentido más estricto, se define como corresponde a los compuestos provenientes de la descomposición y posterior resíntesis de los residuos, es el llamado humus de suelo. Dichos residuos orgánicos pueden ser material vegetal o animal, tanto superficial como subsuperficial. (Cantero *et al.*, 2009). La MO es uno de los factores más importante en la productividad y calidad de los suelos, tanto desde el punto de vista productivo como de su sostenibilidad. Ejerce su influencia en la resistencia a la erosión, en las propiedades físicas, químicas, en la disponibilidad

de nutrientes y en la capacidad de intercambio catiónico. (Mac Carthy *et al.*, 1990; Senesi y Lofredo, 1999).

Dinámica de la materia orgánica del suelo:

Los residuos orgánicos en el suelo como lo son las plantas y animales pueden dividirse en tres fracciones; material fácilmente descomponible (proteínas, hidratos de carbono, compuestos orgánicos simples); material estructural (celulosa y hemicelulosa) y material resistente (lignina). Cada uno tiene una velocidad distinta de descomposición, por ejemplo las proteínas se descomponen muchos más rápido que la lignina, debido a su baja relación carbono nitrógeno; si la misma es alta la velocidad de descomposición es más lenta.

Las proteínas pasan a formar parte de la biomasa microbiana del suelo (hongos, bacterias actinomicetes) siendo está la fracción más lábil de la MO del suelo. Si bien no representa un porcentaje importante en cuanto al peso total de la MO en el suelo, su importancia es central, ya que es la responsable de los procesos de mineralización de la MO, liberando nutrientes a la solución del suelo. Además contribuye a los procesos de humificación y estabilización del suelo (Cantero *et al.*, 2009).

Cuando la relación carbono nitrógeno es alta, como sucede con la lignina, esta pasa a formar parte de la MO activa del suelo. Es la fracción que mayores cambios sufre por efectos de la labranza. Tanto la biomasa microbiana como la MO activa se subdividen en fracciones protegidas y no protegidas. En suelos arcillosos un gran porcentaje de la materia orgánica pasa a formar parte de la fracción protegida. En los suelos arenosos pasa lo contrario, el porcentaje de materia orgánica pasa a la fracción no protegida, teniendo esta una mayor mineralización que en suelos arcillosos (Galantini y Suñer, 2008).

La MO humificada es el material que sufre un proceso prolongado de transformación, descomposición, y resíntesis. Está íntimamente relacionada con las arcillas y limos de suelo. Esta fracción es la que se determina en un análisis de rutina en los laboratorios de suelo. La pérdida de MO por la actividad agrícola se atribuye a un balance negativo entre el ingreso, egreso y stock del carbono del suelo (Cantero *et al.*, 2009).

Actividad Biológica Global (ABG):

El suelo es un medio complejo que contiene, entre otros componentes, a microorganismos, responsables de procesos de degradación de MO a elementos minerales importantes para la nutrición de las plantas como nitrógeno, fósforo, hierro y azufre. Variables agrometeorológicas como la temperatura del suelo, precipitaciones, estado de aireación y humedad, estimulan o inhiben estos procesos. (Olmedo *et al*, 2001)

En las regiones templadas, la mayor ABG se inicia en primavera. A partir de las condiciones meteorológicas de esta estación, el suelo aumenta su temperatura y la MO de otoño e invierno comienza a mineralizarse. El número de microorganismos de suelo generalmente acompañan las variaciones meteorológicas estacionales, mostrando mayores valores en primavera y otoño que en verano e invierno (Olmedo *et al*, 2001).

La ABG es considerada como un índice de la fertilidad de los suelos (Alef, 1995). Varias son las metodologías desarrolladas para cuantificar la misma, resultando de gran interés práctico la determinación de la biomasa microbiana, ya sea a través de medidas directas, así como la medición de parámetros fisiológicos, tales como la respiración inducida por sustrato (Sparling, 1990). También, la actividad enzimática en el suelo constituye otro método para evaluar tanto la fertilidad actual como potencial de este recurso natural (Parinkina *et al.*, 1994).

En el caso de la respiración edáfica, se considera que la oxidación biológica de carbono orgánico (CO) en el suelo ocupa una posición clave en el ciclo global del carbono y representa la principal forma mediante la cual el carbono fijado retorna a la atmósfera. Así mismo, la medida de la respiración permite evaluar la actividad total de un suelo o la transformación de un determinado sustrato (Cabrera y Crespo, 2001).

Acumular carbono en el suelo es importante porque aumenta el nivel de reservas de nutrientes para la producción vegetal, pero aumentar su descomposición o respiración también es importante, ya que el humus como tal no es de utilidad para las plantas, se convierte en valioso sólo cuando se descompone en compuestos simples de CO₂, ácido nítrico y diversas sales minerales, es decir que el carbono del suelo pasa de un estado orgánico a uno inorgánico. Se presenta entonces un

verdadero dilema entre la acumulación y descomposición del carbono en el suelo. Lo ideal sería aumentar estas dos variables a la vez (Janzen 2006).

La comunidad microbiana del suelo es responsable de la mayoría de las transformaciones de nutrientes en el suelo, la regeneración de los minerales que limitan la productividad de la planta. Los hongos y las bacterias son los dos grupos que dominan la comunidad microbiana y comparten la función de la descomposición de la materia orgánica del suelo Rousk et al (2009)

La influencia del relieve es un factor determinante en la variación de los niveles del CO del suelo, tanto en cantidad como en calidad (Stevenson, 1982), porque en muchos casos, con la altitud se manifiestan cambios en las características del mismo (pH, humedad, contenido de macro y microelementos, textura), en la precipitación, la temperatura y el tipo de vegetación, lo cual influye también en la biomasa microbiana y por ende en la actividad microbiológica de éste.

Según Varnero (1994), la medición del CO₂ desprendido (respiración), es un reflejo de la actividad biológica global del suelo y también puede ser considerada como el reflejo del nivel energético de un medio dado.

Consecuencia de los actuales sistemas de producción:

En la última década, con el avance del cultivo de soja, se ha generado procesos de degradación de suelos con disminución de su calidad. Dicho cultivo, aporta un rastrojo rico en nitrógeno, que se descompone rápidamente, dejando muy poca cobertura sobre la superficie del suelo. Esta situación tiene implicancias no solamente sobre el incremento de procesos erosivos, sino también sobre el balance de la MO, haciendo que este sea negativo, y esto afecte a la estructura y a la fertilidad del suelo (Casas, 2008)

Los residuos del cultivo antecesor constituyen la principal fuente de material orgánico que se aplica al suelo, junto a las condiciones climatológicas de la zona y en particular del año, hacen que existan muchas situaciones que afectan a la distribución de los residuos en profundidad y por lo tanto a la dinámica de la MO. (Terralia, 2009)

La siembra directa está asociada con una mayor concentración de MO en los primeros diez centímetros de suelo que en los sistemas de laboreo convencional. Este efecto es atribuido a diferentes factores entre los que se incluyen, la acumulación de

residuos, la mayor densidad de raíces y la baja velocidad de mineralización en suelos no alterados. Por otro lado los residuos en superficie se encuentran en un ambiente diferente a los incorporados en el suelo, ya que los primeros se encuentran sometidos a una mayor desecación y ello limita a la acción microbiana retrasando su oxidación. En los suelos labrados, la MO está más expuesta a la acción de los microorganismos, y consecuentemente se traduce a la pérdida de la misma en el suelo (Terralia, 2009).

La acidificación de los suelos en la Región Pampeana Argentina es ya un fenómeno probado (Casas, 2000; Gelati y Vázquez, 2008). El proceso de transformación de los planteos mixtos de los sistemas productivos a una agricultura intensiva, con el reemplazo de cultivos tradicionales como el maíz (*Zea mays* L.) por otros de mayor atractivo económico como la soja (*Glycine max* L. Merr), de alto consumo de nutrientes básicos, el empleo de germoplasmas de elevados potenciales de rendimiento en la mayor parte de los cultivos, y el uso de fertilizantes nitrogenados son fenómenos de las últimas décadas sobre suelos con más de una centuria bajo producción, que en la mayor parte de los casos, son factores determinantes de la problemática a nivel regional (Vázquez *et al*, 2011).

Tanto en zonas agrícolas como ganaderas, la elevada tasa de extracción de nutrientes básicos con escasa reposición, genera un proceso de degradación que pone en peligro la sustentabilidad de los suelos (Casas, 2000; Martinez, 2002)

La acidificación produce perjuicios como la reducción de la disponibilidad de nutrientes como fósforo (P) y molibdeno (Mo), de la actividad de microorganismos responsables de la nitrificación y fijación simbiótica de N y hasta toxicidad de Al^{+3} (Zapata Hernández, 2004).

ANTECEDENTES

La producción agropecuaria en los últimos tiempos, ha intensificado el uso de los recursos naturales y está provocando impactos ambientales negativos tales como la pérdida de MO del suelo. Las labranzas modifican la localización de la MO en diferentes escalas, desde a nivel de perfil (en profundidad) hasta el nivel de unidades estructurales (agregados) del suelo. En este cambio, la MO físicamente protegida se expone a una rápida degradación microbiana aumentando su velocidad de descomposición (Thomas et al 1996). La aceleración de la descomposición y mineralización del material orgánico tiene un efecto inicial benéfico, ya que pasan a ser nutrientes disponibles para las plantas. Las cosechas de cereales y oleaginosas producen una reducción de aportes y aumento en las extracciones de carbono al suelo. El mal manejo de los recursos, como por ejemplo no realizar rotaciones con leguminosas, no fertilizar, inducen a un aporte reducido de carbono al sistema suelo, provocando un balance negativo de carbono.

Cantu et al (2007) evaluando el indicador carbono orgánico de Hapludoles típicos, bajo diferentes sistemas de uso y manejo, en una cuenca pedemontana del SO de la provincia de Córdoba y encontraron una disminución en la calidad de un 82% respecto de los suelos tomados como referencia. La marcada disminución de la MO ha sido observada en diversas investigaciones en la región (Becker, 2006).

Sainz Rosas et al. (2005) afirman que para un determinado ambiente, los niveles de MO más elevados se encuentran en pastizales naturales, pero cuando estos sistemas comienzan a ser cultivados se produce una rápida caída de la MO, seguida por una declinación más lenta hasta un nuevo estado estable.

Lopez (2006) indica que los suelos sobre los que se desarrollan pastizales poseen más raíces densas y fibrosas, que al morir son incorporadas como materia orgánica al suelo, esto permite que cada año los porcentajes de materia orgánica se mantengan en niveles altos. En los bosques, sin, embargo, las hojas se depositan sobre la superficie del suelo, de manera que la incorporación de los compuestos orgánicos es mucho más lenta. El contenido en materia orgánica de los suelos forestales es, por lo tanto, menor.

Alvarez et al (1985) en un estudio en suelos de la provincia de Buenos Aires indica que la ABG es mayor en suelos con alto contenido de MO, ya que está es una fuente importante de nutrientes y energía para los microorganismos.

En Venezuela Sanchez et al (2005) encontraron una correlación positiva y significativa entre la Respiración basal (ABG) y el contenido de CO total en estos suelos ($r = 0,7694$; $P < 0,05$), lo que indica que mientras más alto es el contenido de CO, mayor es la ABG en la zona. Un porcentaje de MO más elevado se traduce en una mayor fuente de energía y de nutrimentos para los microorganismos, lo cual contribuye a su desarrollo y a una ABG más alta, que se refleja en una mayor producción de CO₂. Correlaciones similares han sido encontradas por Anderson y Domsch (1978), Suttner y Alef (1988) y Ruiz (2002).

Lopez (2006) señala que los suelos ácidos se observa una ralentización de la ABG. La acidez del suelo afecta negativamente a la distribución de la fauna edáfica como la biomasa bacteriana. Los procesos microbianos como la nitrificación o la fijación de nitrógeno atmosférico son inapreciables por debajo de pH 4.5, y muestran una velocidad óptima a pH 6-6.5. Sin embargo, en suelos neutros o ligeramente básicos, el número de microorganismos es superior, siendo más activos cuando aumenta el calcio disponible. Si el pH del suelo es demasiado elevado, los procesos microbianos se ven afectados. Así, la nitrificación es prácticamente inexistente a pH 9.

En Gran Bretaña Rousk et al (2009) señalan que unos de los factores más influyentes en la actividad microbiana del suelo es el valor de pH del mismo. Por debajo de pH 4,5 se produce la inhibición de todas las variables microbianas, probablemente derivados por los efectos inhibitorios de la liberación de aluminio.

El incremento de la acidez del suelo trae aparejado consecuencias químicas y biológicas. La disponibilidad de nutrientes, así como la actividad de los microorganismos se ven afectados (Vázquez, 2010).

Según Fadda (2000) la textura del suelo condiciona el contenido de MO del mismo. La velocidad de descomposición de la MO varía según la textura del suelo, siendo más rápida en suelos con texturas arenosas.

Corbella et al (2006). Indican que los suelos con alto contenido de arcilla y limo tienen más MO que los arenosos. En los suelos de textura fina la cantidad de residuos orgánicos que retorna al suelo es generalmente mayor, debido a que las capacidades de retener nutrientes y agua superiores de estos suelos favorecen una producción vegetal mayor. Al mismo tiempo, los poros generalmente más pequeños, de los suelos de textura fina pueden restringir la aireación y reducir la velocidad de oxidación de la MO. Otro factor que favorece la mayor acumulación de MO en los

suelos de textura fina es la formación de complejos arcilla-humus que protegen a la MO de la degradación. También estos indicaron que la deposición de residuos orgánicos en superficie, como lo hacen las prácticas conservacionistas dan como resultados velocidades de descomposición más lenta que cuando son incorporados al suelo, ya que los restos vegetales están en ínfimo contacto con los microorganismos.

Según Bergstrom et al (2000) la ABG y la MO se encuentran influenciadas por la característica de la vegetación, textura, temperatura, precipitaciones, pH, etc. Un cambio en la textura con la pendiente del terreno también puede definir variaciones en el tenor de CO y en la ABG y enzimática del suelo, tal como lo demuestran estudios realizados en suelos canadienses en los que se encontró un mayor contenido de CO y una mayor actividad de las enzimas relacionadas con el ciclo de carbono, fósforo y azufre en la posición más baja de la pendiente, asociada a suelos de textura gruesa en comparación con los suelos de textura fina ubicados en la posición más alta de la pendiente.

HIPOTESIS

Los diferentes usos del suelo modifican el contenido de MO y el pH de los mismos, teniendo impacto sobre la tasa de respiración del suelo.

Existe una relación entre el contenido de arcilla + limo de los suelos y el contenido de MO, y los niveles de respiración.

La ABG posee una correlación positiva con una mayor disponibilidad de sustrato orgánico en el suelo.

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar la ABG en suelos con diferentes texturas, contenido de MO y pH bajo uso agrícola, ganadero base alfalfa y ganadero base pastizales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la tasa de respiración o ABG del horizonte superficial de suelos del departamento Rio Cuarto.
- Determinar el pH actual y potencial de suelos del departamento Río Cuarto.
- Establecer relaciones entre USO / MO / ABG/ pH/ Arcilla + Limo.

MATERIALES Y METODOS

Caracterización del área de trabajo

El área de estudio está localizada entre los paralelos 32,59° y 34,10° de latitud sur y los meridianos 65,20° y 62,59° de longitud oeste y comprende las cuencas del Río Cuarto y los arroyos Santa Catalina, del Gato y Ají (2.297.500 ha) en el departamento Río Cuarto Córdoba.

El clima es semiárido en el oeste, cambiando a húmedo hacia el este del departamento, con régimen de lluvias Monzónico. (Köppen, 1931). La temperatura media de enero es de 23°C y la del mes de julio es de 9°C. La fecha media de primera helada es del 15 al 25 de mayo y la fecha media de última helada es del 7 al 12 de septiembre. Las precipitaciones medias anuales van de los 900 mm hasta los 600 mm; la evapotranspiración potencial anual es de 1000 a 1040 mm y la real es de 720 a 800 mm; La deficiencia hídrica anual va de los 240 a 400 mm. (Agencia Córdoba ambiente 2006).

Las unidades ambientales presentes en el área de estudio son la llanura plana, la llanura ondulada y la llanura medanosa.

Los suelos predominates en la llanura plana son:

- Haplustoles típicos
- Haplustoles enticos
- Hapludoles típicos
- Argiustoles típicos.

Los suelos predominantes en la llanura ondulada son:

- Haplustoles típicos
- Haplustoles enticos
- Hapludoles típicos
- Argiudoles típicos
- Ustortentes típicos.

Los suelos predominantes en la llanura medanosa son:

- Ustipsament típicos
- Haplustoles énticos

(Degioanni *et al.*, 2008).

Tratamientos y diseño experimental

En lotes de establecimientos agropecuarios identificados en tres unidades ambientales homogénea del área (llanura ondulada, plana y medanosa) y en función del uso y sistema de producción actual se extrajeron muestras de suelos. La identificación de las mismas fueron las siguientes:

- Agrícola: agricultura, rotación de cultivos 2:1 soja – maíz.
- Ganadero: ganadería en pasturas base alfalfa.
- Ganadero con baja perturbación: ganadería en pasto llorón, pastizales naturales como indicadores de una situación menos antrópica.

La forma de muestreo fue estratificado al azar a dos profundidades (0-10 y 0-20 cm).

Determinaciones realizadas.

El análisis de las muestras se llevo a cabo en los laboratorios de suelo de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

1. Muestreo de suelo y preparación de la muestra: con el barreno se obtuvieron 2 tipos de muestras compuestas, una de 0-10cm y la otra de 0-20cm, en el mismo lote se obtuvo muestras no disturbadas para determinar el DAp (peso específico aparente) del suelo. En el laboratorio fueron secadas al aire y tamizadas por el tamiz de 2 mm. Del total de las muestras utilizadas para las distintas determinaciones realizadas en la tesis una parte fueron muestreadas por integrantes del programa de Investigación del cual la tesis forma parte.

2. Determinación del pH: Se determinó pH actual en agua 1:2,5 y pH potencial 1:2,5 en solución de ClK 1N con un peachímetro Hanna Inst.

3. Determinación de la ABG del suelo: se determinó mediante la cuantificación de CO₂ en sistemas cerrados después de 7 y 14 días de incubación a 28 °C y de acuerdo con Anderson (1990). El CO₂ es uno de los principales productos de excreción del metabolismo de los microorganismos heterótrofos. La biodegradación

de moléculas complejas como celulosa y lignina conducen a su liberación por procesos como descarboxilación, respiración o fermentaciones.

Técnica de medición de ABG: Se pesaron 100 g de suelo tamizado, al que se lo llevó a condición capacidad de campo en un recipiente de plástico con tapa a rosca. Dentro del recipiente se colocó un vaso de precipitado con 20 ml de hidróxido de sodio de concentración 0,5 N, se cerró en forma hermética y se lo llevo a una estufa de incubación a 28°C. A los 7 días se retiro el vaso con NaOH y se lo reemplazó con otro con nuevo NaOH por 7 días más. Las muestras de NaOH se le agrego BaCl₂ al 2%, y luego se titularon con ácido clorhídrico (HCl 0,5 N) para poder determinar la cantidad de CO₂ liberado.

Para presentar los datos en mg de CO₂ por cada 100 mg de suelo y en tantos días se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{(VB - VM) \times (NHCl) \times 22 \times h \times 100}{\text{Peso de la muestra}} = \text{mg CO}_2/100 \text{ gr de suelo seco}/7 \text{ días}$$

Detalles:

VB = volumen de HCl empleado en titular el blanco.

VM= volumen de HCl para titular muestra.

Peso de las muestras: los 100gr de suelo mas los ml de agua colocados para llegar a capacidad de campo.

$$h = \frac{100 + H}{100}$$

H= porcentaje de humedad del suelo determinado al comenzar la experiencia.

Esto es un factor de corrección para llevar los cálculos a suelo seco a 105°C para expresar los resultados en gramos de suelo seco.

Datos complementarios como capacidad de campo, materia orgánica y textura fueron realizados por integrantes del programa de investigación llevado a cabo por

los docentes del área de suelo de la FAV - UNRC que comenzó en el año 2009 del cual la presente tesina es parte.

La MO en las muestras se evaluarón por duplicado mediante el método de Walkley-Black (Nelson y Sommer, 1982). Para la determinación de las fracciones granulométricas las muestras de suelos se trataron siguiendo la metodología planteada por Gee y Bauder, (1986) y se midieron utilizando un analizador de partículas por difracción láser Laser Particle Sizer “analysette 22” Fritsch GmbH.

Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó por medio de análisis de regresión entre variables y con estadísticas descriptivas (ANAVA) y comparación de medias por Duncan ($p < 0,05$) (DiRenzo, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de materia orgánica según el uso del suelo.

Los sistemas agropecuarios, producen modificaciones en los componentes del suelo. En la figura 1 se muestra como varía el contenido de MO según los distintos usos del suelo.

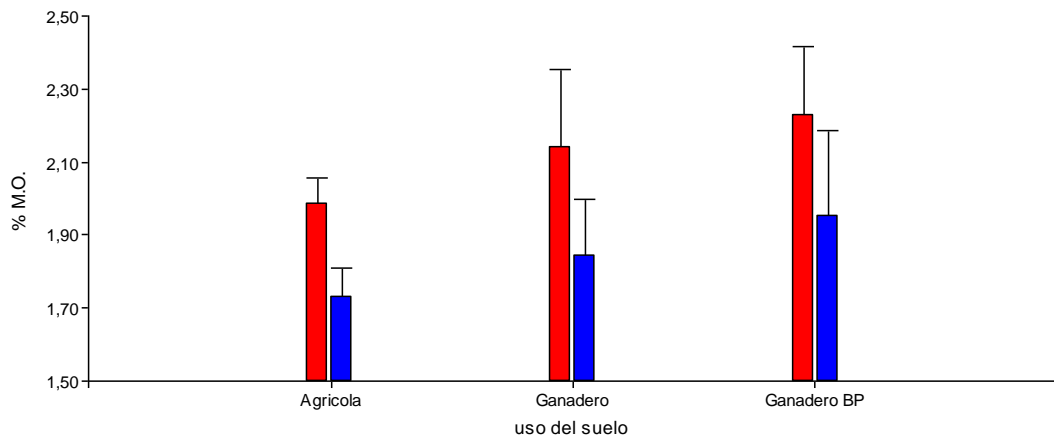


Figura1: Contenido de materia orgánica (%) según diferentes usos del suelo. Las barras de color rojo corresponden a la materia orgánica presente a los 0-10 cm de profundidad y las de color azul a los 0-20 cm de profundidad.

El uso agrícola es el que posee mayor impacto negativo en el contenido de MO del suelo, tanto a los 10 como a 20 cm de profundidad. El uso ganadero con baja perturbación posee alrededor de 14 % más de MO a las dos profundidades, siendo el uso ganadero la situación media. Si bien no hay una diferencia estadística significativa, existe una tendencia a que suelos de usos ganaderos poseen mayor contenido de MO que suelos de sistemas agrícolas.

En consonancia con Sainz Rosas et al (2005) indican que la intensificación de la actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas han producido un deterioro en los niveles de MO, además, afirman que los pastizales naturales poseen mayor contenido de carbono orgánico, pero cuando estos sistemas pasan a ser agrícolas los niveles de MO descienden hasta un nuevo estado estable.

Toresani et al (2009) demostraron que en suelos de Marcos Juárez, Oliveros y Rafaela cuando pasaron de un sistema pastoril a uno agrícola se redujo la cantidad

de carbono orgánico alrededor de un 30%, debido a un menor aporte de residuos orgánicos al suelo.

Lopez (2006) indica que los suelos sobre los que se desarrollan pastizales poseen raíces densas y fibrosas, que al morir son incorporadas como MO al suelo, esto permite que cada año los porcentajes de MO se mantengan en niveles altos. Siguiendo esta línea de pensamiento, la siembra directa deja el rastrojo sobre la superficie del suelo, por ende la reincorporación al mismo es lenta, haciendo que los niveles de MO del suelo desciendan.

Actividad Biológica Global y uso del suelo.

La respiración, cuantificada a través de la liberación de CO₂ por parte del suelo, indica la ABG del mismo. Esta está condicionada por varios factores, uno de ellos es el uso del suelo. La figura 2 muestra como varía la ABG del suelo según el uso del mismo.

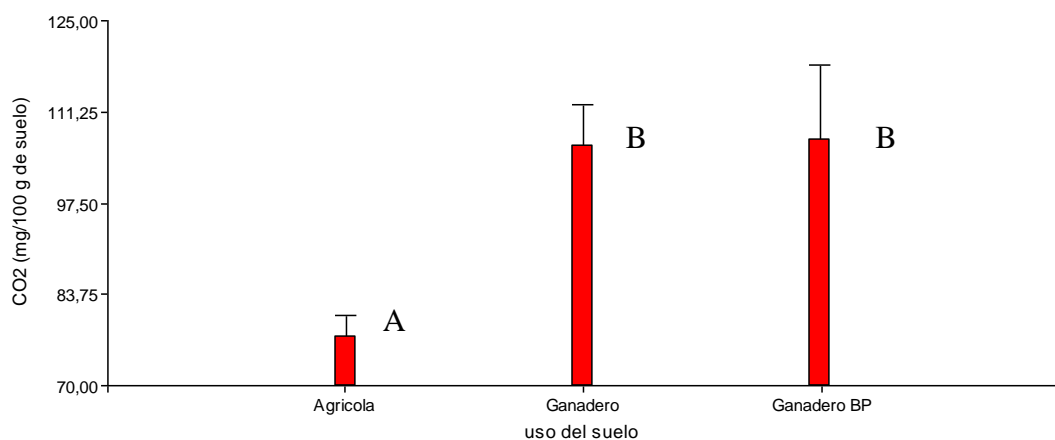


Figura 2: Tasa de respiración total de 0-10 cm de profundidad según diferentes usos del suelo. Las letras en mayúsculas indican que existe diferencia estadística significativa $p < 0,05$.

Existe una diferencia estadística significativa entre la ABG del suelo con uso agrícola y suelos con usos ganaderos, siendo en estas dos últimas situaciones un 40% mayor que la primera. Esto se debería a que suelos con mayor contenido de MO poseen ABG elevada. En consonancia con Sanchez et al (2005) y Alvarez et al (1985) indican que suelos que poseen mayor contenido de carbono orgánico, la ABG

de los mismos es mayor porque la MO actúa como fuentes de nutrientes y energía para los microorganismos.

Otro factor que podría explicar la baja ABG del uso agrícola lo menciona Corbella et al (2006) indicando que la deposición de residuos orgánicos en superficie, como lo hacen las practicas conservacionistas dan como resultados velocidades de descomposición más lenta que cuando son incorporados al suelo, ya que los restos vegetales están en ínfimo contacto con los microorganismos.

Actividad Biológica Global según tiempo de incubación y uso del suelo.

El carbono edáfico es el sustrato para los microorganismos, el grafico siguiente indica como varia la ABG según el tiempo de incubación y el uso del suelo.

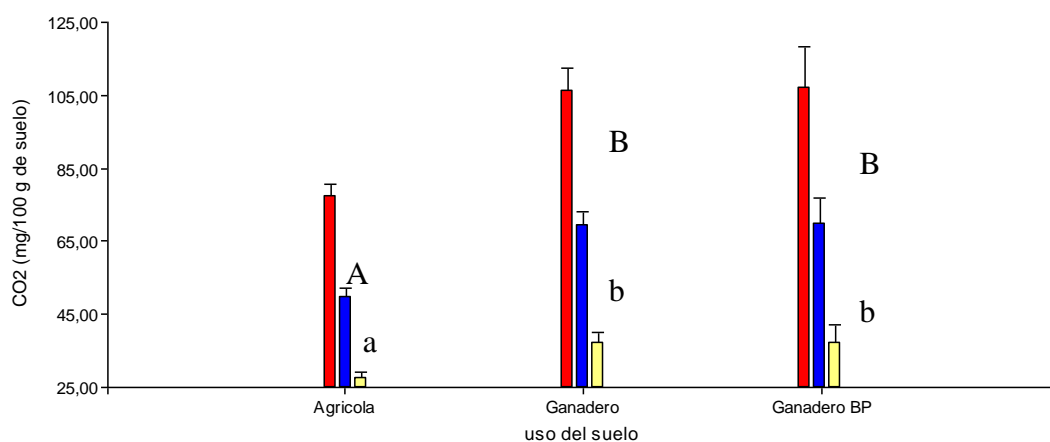


Figura 3: Tasa de respiración del suelo según diferentes usos. Las barra de color azul representan la liberación de CO₂ medida a los 7 días de incubación, las barras de color amarillo representan la liberación de CO₂ medida desde los 7 días hasta los 14 días, y las barras de color rojo representan la ABG total, sumatoria de las dos mediciones anteriores. Letras distintas entre las barras de color azul y amarillo indican diferencia significativa $p < 0.05$

Existe una diferencia estadística significativa en la tasa de respiración del suelo entre las situaciones de uso agrícola y ganadero. La ABG es mayor en las situaciones ganaderas y menor en la situación agrícola. Dentro de cada situación en particular, la tasa de respiración es mayor a los 7 días de incubación, siendo la menor desde los 7 a 14 días. En esta última la disminución de la respiración podría ser debido a una menor concentración de sustrato para los microorganismos, y en

situaciones como la agrícola esta disminución de la respiración es más marcada aún, ya que el contenido de MO es menor.

Actividad Biológica Global según contenido de materia orgánica del suelo.

A medida que aumenta el carbono orgánico en el suelo, la tasa de respiración microbiana es mayor, la figura 4 muestra dicha relación.

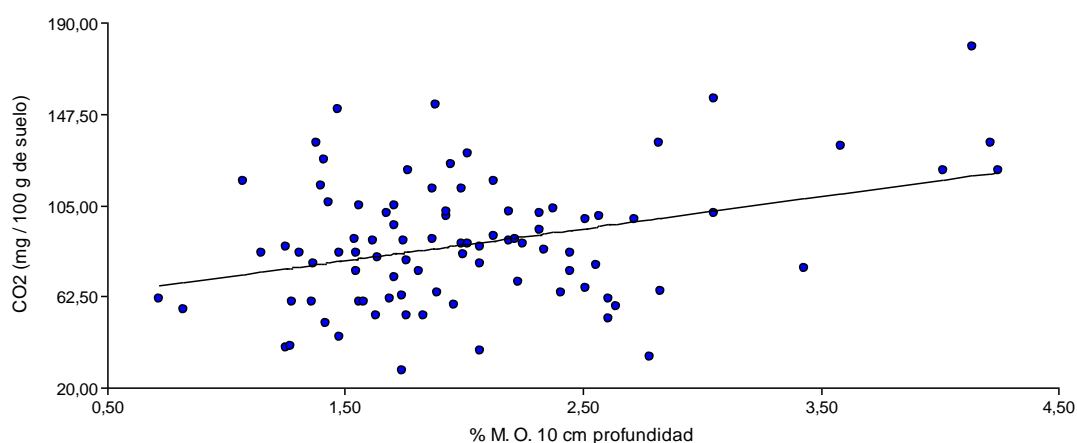


Figura 4: Relación entre mg de CO₂ liberados según el contenido de materia orgánica del suelo de 0-10 cm de profundidad.

Existe una regresión lineal significativa, con un bajo ajuste entre el contenido de carbono orgánico en el suelo y la ABG. El bajo ajuste se debería a que son muchos los factores que influyen en la actividad microbológica. En contraposición (Sanchez *et al.*, 2005) encontraron una correlación positiva y significativa entre la Respiración basal (ABG) y el contenido de CO total en suelos Venezolanos ($R^2=0,7694$; $P<0,05$), lo que indica que mientras más alto es el contenido de CO, mayor es la actividad microbológica. Correlaciones similares han sido encontradas por Anderson y Domsch (1990), Suttner y Alef (1988) y Ruiz (2002).

Valor de pH del suelo según diferentes usos y efectos sobre la ABG

Los diferentes usos del suelo hacen variar el valor del pH de los mismos, dicho efecto se muestra en la gráfica N° 5.

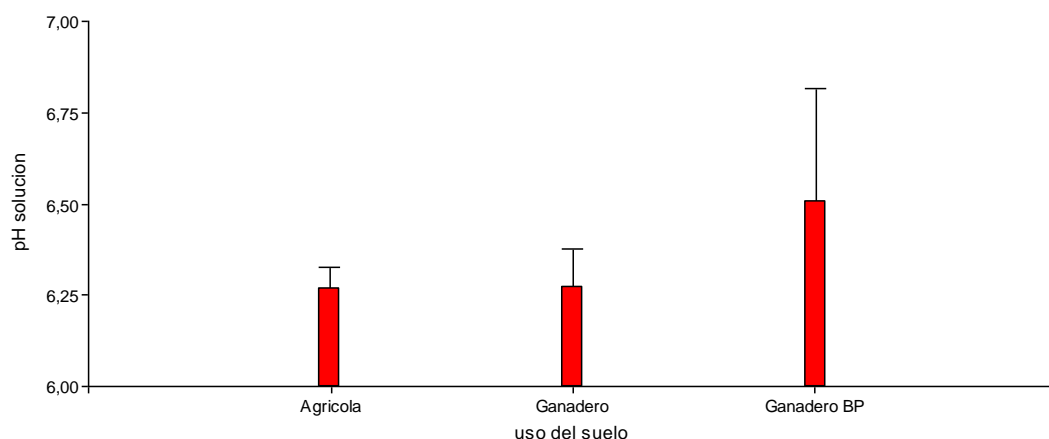


Figura 5: pH del suelo según diferentes usos del mismo.

No se encontró una diferencia estadística significativa del pH del suelo entre los diferentes usos. El uso agrícola y ganadero posee un valor de pH más bajo que el sistema ganadero BP. Como lo indica Vázquez, M (2011) la acidificación de suelos se debería a exportación de elementos básicos carentes de reposición natural, principalmente potasio, calcio y magnesio y al uso de fertilizantes nitrogenados. Sainz Rosas et al. (2005) indican que la remoción de bases como calcio, potasio y magnesio sin reposición de las mismas, conllevan a una disminución en la saturación del complejo de intercambio y acidificación de los suelos. Por otra parte en suelos de Balcarce provincia de Buenos Aires, el aporte de fertilizantes nitrogenados y fosforados durante 7 años consecutivos ha producido descenso en los valores de pH

El pH de suelo tiene influencias sobre varios factores, uno de ellos es la actividad microbiológica del suelo, valores de pH menores a 5,5 la actividad de las bacterias y actinomicetos es baja y a pH neutros la actividad de estos alcanzan un óptimo. Los hongos por lo general son más adaptables y se desarrollan en un rango de pH más amplio. De esto se desprende que todos los procesos biológicos del suelo están influenciados por el valor pH, siendo la mineralización de la MO mayor a pH neutros (Fassbender, H. 1975).

En consonancia Lopez (2006) indica que el valor de pH afecta a la ABG del suelo, la mineralización es mayor en suelos con pH neutros y menor con pH ácidos o básicos.

La siguiente grafica muestra que la ABG en los suelos del departamento de Río Cuarto no es afectada por el valor de pH.

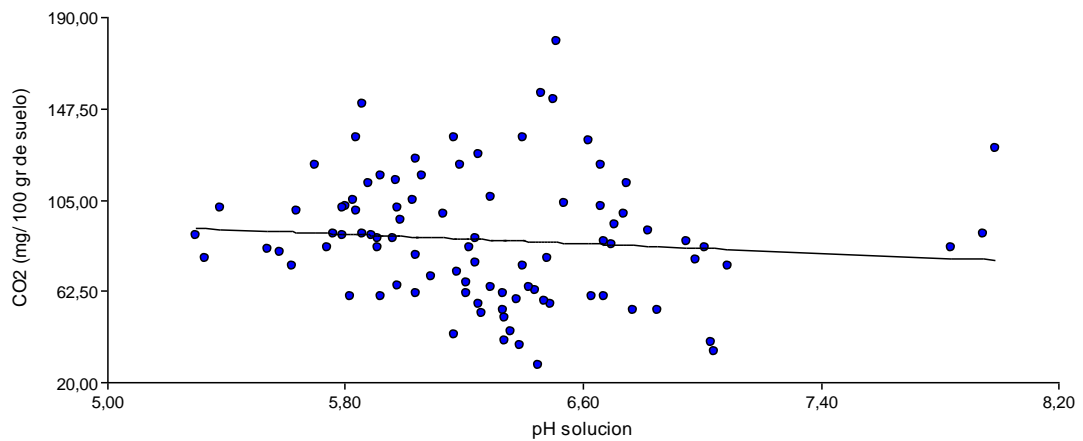


Figura 6: Relación entre la Actividad Biológica Global y el pH del suelo.

Esto puede ser debido a que el rango de los valores de pH se encuentra cerca de la neutralidad, siendo un medio propicio para los microorganismos, distinto seria en suelos donde la variación de pH es más acentuada. En Gran Bretaña Rousk et al (2009) señalan que por debajo de un pH 4,5 se produce la paralización de la actividad microbiana. En Venezuela Isaura et al (1988) evaluaron el pH en agua 1:2,5 de suelos tropicales como Ultisoles, Oxisoles, Alfisoles, Iceptisoles, y Vertisoles, obteniendo valores de 3,7 a 6,9; siendo probable que en estos suelos la ABG se vea afectada por la fuerte acidez a diferencia de lo encontrado en los suelos del departamento Río Cuarto.

Contenido de materia orgánica según diferentes texturas de suelo.

La clase textural que posee el suelo tiene incidencia sobre el contenido de materia orgánica que este puede llegar a tener.

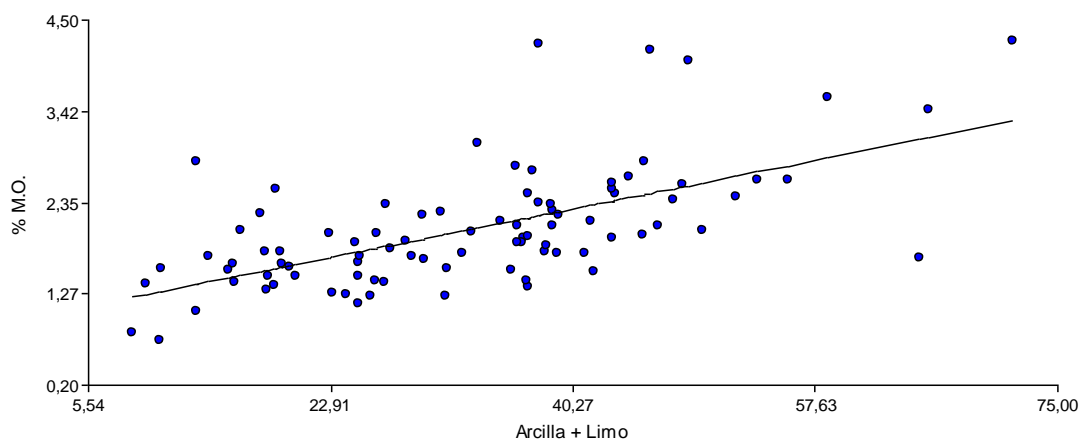


Figura 7: Relación entre el contenido de materia orgánica a los 20 cm de profundidad y la clase textural de suelo.

La gráfica muestra que a medida que aumenta el contenido de partículas finas en el suelo, como lo es la arcilla el contenido de MO aumenta, ($R^2 = 0,5$; $p < 0,0001$) y cuando el porcentaje de partículas gruesas, como lo es la arena es mayor el contenido de carbono orgánico en el suelo disminuye. La velocidad de descomposición de la MO varía según la textura del suelo, siendo más rápida en suelos con texturas arenosas Fadda (2000). En consonancia con Sainz Rosas et al. (2005) que indica que los suelos de la provincia de La Pampa poseen menor contenido carbono orgánico debido a que la textura gruesa ofrece una menor protección la MO. Corbella et al (2006) indican que los suelos con alto contenido de arcilla y limo tienen más MO que los arenosos. En los suelos de textura fina la cantidad de residuos orgánicos que retorna al suelo es generalmente mayor, debido a que las capacidades de retener nutrientes y agua superiores de estos suelos favorecen una producción vegetal mayor. Al mismo tiempo, los poros generalmente más pequeños, de los suelos de textura fina pueden restringir la aireación y reducir la velocidad de oxidación de la MO. Otro factor que favorece la mayor acumulación de MO en los suelos de textura fina es la formación de complejos arcilla-humus que protegen a la MO de la degradación.

Relación entre la actividad biológica global y la textura del suelo.

A medida que el suelo posee mayor contenido de partículas finas, la MO esta mas protegida de la degradación de los microorganismos, la siguiente grafica muestra la actividad biológica global y textura de suelo.

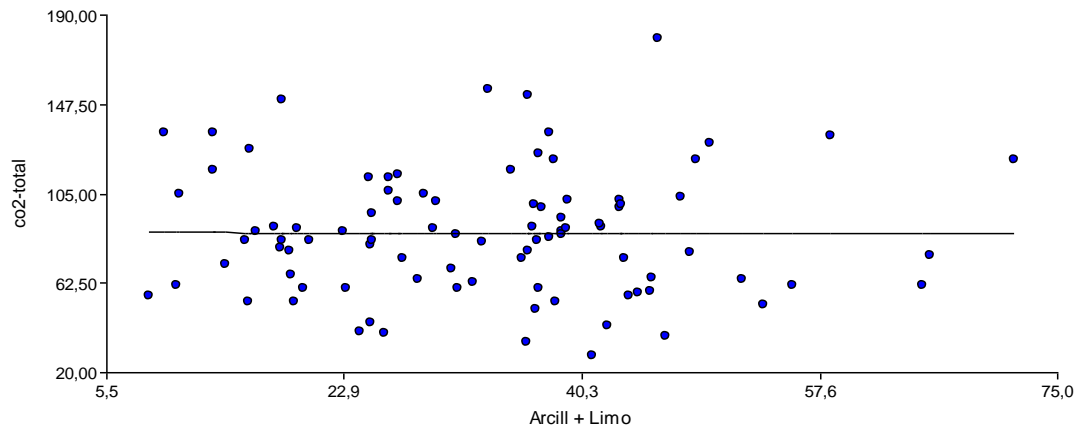


Figura 8: Relación entre la Actividad Biológica Global y la textura del suelo.

Esta correlación entre textura y MO no se reflejo cuando se contrasta textura con ABG. En la experiencia no se encontró una relación entre el porcentaje de partículas finas del suelo y la ABG. Álvarez et al (1985) indica que la textura de suelos analizados en la provincia de Buenos Aires no tiene influencia significativa sobre la actividad microbiana. Aunque aclara que la menor respiración de los suelos con texturas franco arcillosa podría ser menor por una menor disponibilidad de carbono orgánico para los microorganismos ya que las partículas finas del suelo ejercen un efecto protector de la MO.

Para los suelos estudiados se puede ver que la ABG está más fuertemente controlada por cuestiones de manejo que con el tamaño de partículas que conforman el suelo.

CONCLUSIONES

El contenido de carbono orgánico varía según el uso del suelo. Suelos agrícolas poseen menor contenido de materia orgánica que los suelos de uso ganadero. Esto se debería a un balance de carbono negativo, ya que el aporte de rastrojos por parte de los cultivos de soja es menor que lo que aporta un pasto llorón o un pastizal natural (Ganadero BP).

La actividad biológica global, depende de la cantidad de carbono del suelo, debido a que este funciona como fuente de energía y nutrientes para los microorganismos, por lo tanto a mayor contenido de materia orgánica en un suelo mayor actividad biológica global.

Los diferentes usos del suelo hacen variar el pH del mismo afectando el ambiente de los microorganismos del suelo. El pH actual de los suelos del departamento Río Cuarto no sufrieron grandes modificaciones debido al uso, no encontrándose correlación entre los valores de pH y ABG. Esto podría deberse a que los valores de pH generados por el uso del suelo no fueron tan extremos como para afectar el desarrollo de los microorganismos.

La textura del suelo modifica el contenido de materia orgánica de los suelos, siendo mayor en suelos con texturas finas como los son las arcillosas. A pesar de lo anterior, para esta experiencia la textura no modifico la actividad biológica global.

BIBLIOGRAFIA

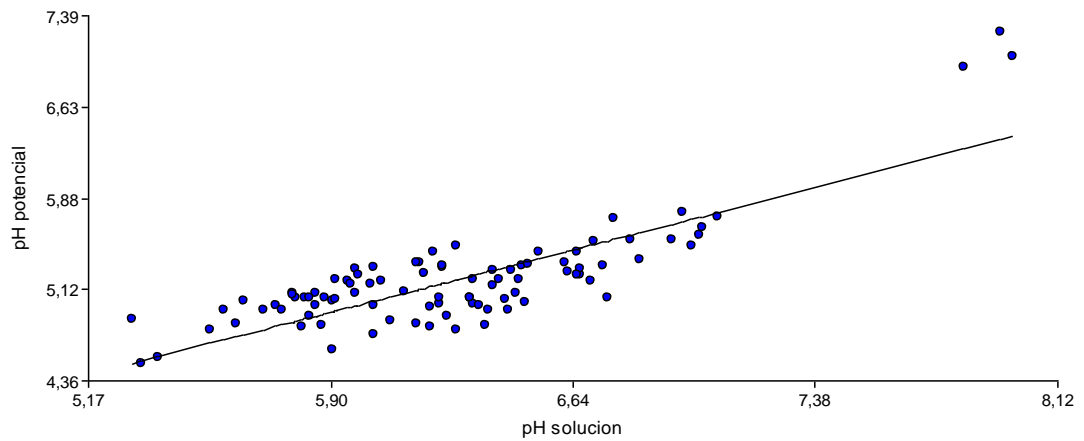
- AGENCIA CORDOBA AMBIENTE. 2006. **Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Los suelos.** Nivel de reconocimiento escala 1:500000. 541p
- ALEF, K. 1995. Dehidrogenase activity. In: Alef, K y P. Nannipieri (Eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry.* Academic Press, Harcourt Brace & Company Publishers. London. England. pp. 228-23.
- ALVAREZ, R Y O, SANTANATOGLIA. 1985. *Actividad Biologica y Biomasa Microbiana en diferentes suelos incubados bajos las mismas condiciones ambientales.* Facultad de agronomia y veterinaria, Universidad de Buenos Aires.
- ANDERSON, T. H. and K. H. DOMSCH. 1990. Application of ecophysiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.* 22:251-255.
- BECKER, A.R. E, DÍAZ. M,P, CANTÚ. C, MEYERS Y C, CHOLAKY. 2006. Aplicación del modelo WEPP en la predicción de erosión hídrica en el Suroeste de Córdoba, Argentina. **XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.** CD 5 pp.
- BERGSTROM, D. W., C. M. MONREAL, A. D. TOMLIN and J. J. MILLER. 2000. Interpretation of soil enzyme activities in a comparison of tillage practices along a topographic and textural gradient. *Can J. Soil. Sci.* 80:71-79.
- BONGIOVANNI, M. Y J,C LOBARTINI. 2006. **Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro and microaggregates as affected by cultivation.** *Geoderma*, 136: 660-665.
- CABRERA, G. y G, CRESPO. 2001. Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 35:3-5.
- CASAS, R, R. 2008. Cultivos de cobertura: una alternativa sustentable. **En:** http://www.a-campo.com.ar/espanol/gest_tec/ges_tec80.htm Consultado: 9/06/11.
- CASAS, R. 2000. La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. **Disertación en el acto de entrega del premio Antonio Prego.**
- CANTERO, A. J, M, CISNEROS, M REYNERO. C, CHOLAKY y J, GONZALEZ. 2009. **Uso y manejo de suelos.**

- CANTÚ, M.P. A, BECKER. J, BEDANO Y H, SCHIAVO. 2007. **Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices.** Ciencia del Suelo 25(2): 173-178.
- CISNEROS, J, M. A, CANTERO. A, DEGIOANNI. V, BECERRA. Y M, ZUBRZYCKI. 2008. **Producción, Uso y Manejo de las Tierras.** Cap. III. En Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el sur de Córdoba, Argentina. J. de Prada y J. Penna Editores. UNRC – INTA. 94 p.
- CISNEROS, J. J, DE PRADA. A, DEGIOANNI. A, CANTERO. H, GIL. M, REYNERO. F, SHAH Y B, BRAVO URETA. 2004. Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba. Evaluación mediante el modelo Rusle 2. **XIX Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo.** Paraná. ER.
- CORBELLA, R Y J, FERNANDEZ DE ULLIBARRI (2006). Materia organica del suelo. Catedra de edafologia y zootecnia. Universidad nacional de Tucuman.
- DEGIOANNI, A. J,D DE PRADA y J, M,CISNEROS. 2008. Características del Área de Estudio, Unidades Ambientales y Productores de la Muestra. Cap. II. En Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el sur de Córdoba, Argentina. J. de Prada y J. Penna Editores. UNRC – INTA. 94 p.
- DIRENZO 2011. INFOSTAT Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba. Estadística y Diseño- F.C.A. Manual de usuario. Versión 1.1 profesional.
- FADDA, G. 2000. Acciones antropicas. **En:** <http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Genesis%206%20-%20Acciones%20antropicas%20X.pdf>
- FASSBENDER, H. 1975. Química de los suelos con énfasis en suelos de América latina. 401 p
- GELATI, P. Y M, VÁZQUEZ. 2008. Extracción agrícola de bases en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina: costo de su remediación e implicancias económicas. **Revista de la red Iberoamericana de Economía Ecológica.**
- GALANTINI, A. Y L, SUÑER. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: Análisis de los suelos de la Argentina. Agriscienta. Vol XXV. (1). 41-55.

- ISAURA, L Y J, COMERMA. 1988. Caracterización de los suelos ácidos de Venezuela basadas en algunas propiedades físicas y químicas. Centro Nacional de investigaciones Agropecuarias. **En:** http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at3513/arti/lopez_i.htm
- JANZEN, H. 2006. The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it?. *Soil Biology & Biochemistry* 38 (2006) 419–424.
- KÖPPEN, W. 1931. *Grundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter & Co: Berlin, Germany.
- LOPEZ, A. 2006. *Manual de edafología*. Departamento de cristalografía, mineralogía y química Agrícola de la Universidad de Sevilla. 143p.
- MAGYA DE CÓRDOBA. 2010. Caracterización del sector agropecuario por departamento. Departamento Río Cuarto - <http://magya.cba.gov.ar/uploaded/Rio%20Cuarto%202009.pdf>
- MARTÍNEZ, F. 2002. La soja en la región pampeana. *IDIA*, año II, n°3.
- MAC CARTHY, P. MALCOLM, R. CLAPP, C Y P, BLOOM. 1990. An introduction to Soil Humic Substances. in *Humic Substances in Soil and Crop Sciences; Selected Readings*. MacCarthy, P; Malcolm, R; Clapp C. and P., Bloom editors. ASA Inc. and SSSA Inc., Wisconsin, USA. pp. 1-13.
- OLMEDO, C. A, THUAR Y R, SEILER. 2001. Efecto de la variabilidad intra e interanual de condiciones agrometeorológicas sobre la actividad biológica y la mineralización del suelo. **Revista internacional de botánica experimental OYTON**. 2001: 183-190.
- PARINKINA, O. N, KLYUYUBA Y L, PETROBA. 1994. Biological activity and effective fertility of soil. *Eurasian Soil Sci.* 26:73-82
- ROUSK, J. BROOKES, P Y E, BAATH. 2009. Contrasting Soil pH Effects on Fungal and Bacterial Growth Suggest Functional Redundancy in Carbon Mineralization.
- RUIZ, M. 2002. Caracterización de la materia orgánica y la actividad biológica de suelos de la Depresión del Lago de Valencia sometidos a diversas formas de manejo. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 257 p.

- SENESI, N Y LOFFREDO, E. 1999. The Chemistry of Soil Organic Matter. Chapter 6, Soil Physical Chemistry. by CRC Press LLC. pp. 239-370.
- SAGPyA - CONSEJO FEDERAL AGROPECUARIO (CFA). 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina. SAGPyA. 287pp.
- SAINZ ROSAS, R. ECHEVERRIA, H Y H, ANGELINI. 2005. Niveles de materia orgánica y PH de suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana Argentina
- SANCHEZ, B. M, RUIZ. Y M, MAGDALENA RIOS. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del Río Maracay, estado Aragua, Venezuela. 2005.
- SPARLING G, P. 1990. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Aust. J. **Soil Res.** 30:195:207.
- STEVENSON, F, J. 1982. **Humus Chemistry.** J. Willey, New York. 443 páginas
- SUTTNER, T. and K. ALEF. 1988. Correlation between the Arginine Ammonification, enzyme activities, microbial biomass, physical and chemical properties of different soils. Zentralbl. Mikrobiol. 143:569-573.
- TERRALIA. 2009. Balance de carbono orgánico del suelo. **En:** <http://www.terralia.com/index.php?revista=72&articulo=556> Consultado: 11/06/11
- THOMAS, G., Haszler, G., y Blevins 1996. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soil using the proctor test.
- TORESANI, S. FERRERAS, L. BONEL, B. BACCIGALUPPO, S. BRODERO, M. GALARZA, C Y VILLAR, J. 2009. Parametros edaficos como indicadores de calidad de suelo en diferentes sistemas de manejo.
- VARNERO, M. T. 1994. El suelo como sistema biológico. En: Suelos una visión actualizada del recurso. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Dpto. de Ingeniería y Suelos. Publicaciones Misceláneas agrícolas n°38, Santiago, Chile. 345 p
- VÁZQUEZ, M. 2010. Calcio y magnesio del suelo. Cap. 4:371-394. Dinámica del suelo. Diagnostico y fertilización. **En:** fertilidad del suelo. Diagnostico y manejo en la región pampeana. Ed. Rubio, G, Álvarez, C y R, Lavado FAUBA. Buenos Aires. 423 pag. ISBN 978-950-29-1234-9.

- VAZQUEZ, M. 2011. Causas de la acidificación en el ámbito templado argentino, consecuencias y avances para su diagnóstico. Facultad de ciencias agrarias y forestales – universidad nacional de la plata.
- VÁZQUEZ, M. A, TERMINIELLO. A, CASCIANI. G, MILLÁN. D, CÁNOVA. P, GELATI. F, GUILINO. A, DARRONZORO. Z, NICORA. L, LAMARCHE Y M, GARCIA. 2011. Respuesta de la soja (*Glycine max* L. Merr) al agregado de distintos productos y dosis de correctores de la acidez en el ámbito templado argentino. **Revista de la ciencia del suelo.**
- ZAPATA HERNÁNDEZ, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Cali, Colombia. 208 p.



Análisis estadísticos

Contenido de materia orgánica de 0 a 10 cm de profundidad según el uso del suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mo10	90	0,01	0,00	34,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,64	2	0,32	0,63	0,5337
uso	0,64	2	0,32	0,63	0,5337
Error	43,97	87	0,51		
Total	44,61	89			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5054 gl: 87

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	1,98	61	0,09	A
Ganadero	2,14	23	0,15	A
Ganadero BP	2,23	6	0,29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Contenido de materia orgánica de 0 a 20 cm de profundidad según el uso del suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mo20	90	0,01	0,00	36,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,41	2	0,20	0,49	0,6126
uso	0,41	2	0,20	0,49	0,6126
Error	36,05	87	0,41		
Total	36,46	89			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4144 gl: 87

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	1,73	63	0,08	A
Ganadero	1,84	21	0,14	A
Ganadero BP	1,95	6	0,26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)**Tasa de respiración según tiempo de incubación y uso del suelo****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
co2-total	92	0,21	0,19	30,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16748,56	2	8374,28	11,68	<0,0001
uso	16748,56	2	8374,28	11,68	<0,0001
Error	63798,44	89	716,84		
Total	80546,99	91			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 716,8364 gl: 89

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	77,31	63	3,37	A
Ganadero	106,19	23	5,58	B
Ganadero BP	106,97	6	10,93	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
co2-7	92	0,20	0,18	33,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7761,42	2	3880,71	11,06	0,0001
uso	7761,42	2	3880,71	11,06	0,0001
Error	31220,07	89	350,79		
Total	38981,48	91			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 350,7873 gl: 89

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	49,62	63	2,36	A
Ganadero	69,24	23	3,91	B
Ganadero BP	69,97	6	7,65	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
co2-14	92	0,11	0,09	41,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1707,39	2	853,69	5,28	0,0068
uso	1707,39	2	853,69	5,28	0,0068
Error	14384,18	89	161,62		
Total	16091,57	91			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 161,6200 gl: 89

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	27,69	63	1,60	A
Ganadero	36,95	23	2,65	B
Ganadero BP	37,00	6	5,19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Tasa de respiración o ABG según el contenido de MO del suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
co2-total	90	0,14	0,13	827,99	859,62	867,12

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows
const	54,51	9,07	36,48	72,53	6,01	<0,0001	
mo10	15,81	4,20	7,46	24,16	3,76	0,0003	15,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11150,63	1	11150,63	14,15	0,0003
mo10	11150,63	1	11150,63	14,15	0,0003
Error	69330,57	88	787,85		
Total	80481,20	89			

Valores de pH del suelo según el uso del mismo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH solución	92	0,01	0,00	8,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,32	2	0,16	0,63	0,5372
uso	0,32	2	0,16	0,63	0,5372
Error	23,07	89	0,26		
Total	23,39	91			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2592 gl: 89

uso	Medias	n	E.E.	
Agrícola	6,27	63	0,06	A
Ganadero	6,27	23	0,11	A
Ganadero BP	6,51	6	0,21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Actividad Biológica Global según valores del pH del suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
co2-total	92	0,01	0,00	924,63	889,56	897,13

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
<u>CpMallows</u>						
const	120,93	38,82	43,80	198,05	3,11	0,0025
pH solucion	-5,48	6,16	-17,72	6,75	-0,89	0,3755
	1,80					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	703,65	1	703,65	0,79	0,3755
pH solucion	703,65	1	703,65	0,79	0,3755
Error	79843,35	90	887,15		
Total	80546,99	91			

Contenido de materia orgánica según textura del suelo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
mo10	89	0,39	0,38	0,32	151,14	158,60

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
<u>CpMallows</u>						
const	0,95	0,16	0,64	1,26	6,06	<0,0001
A+L	0,03	4,4E-03	0,02	0,04	7,45	<0,0001
	55,81					

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,96	1	16,96	55,43	<0,0001
A+L	16,96	1	16,96	55,43	<0,0001
Error	26,62	87	0,31		
Total	43,57	88			