

INDICADORES BIOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS PARA LA DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD DEL SUELO.

Rossi, M.S.⁽¹⁾; R.R., Casas⁽¹⁾; R.O., Michelena⁽¹⁾; B.A., Pérez; I.E.⁽²⁾, García⁽³⁾.

(1).Área Edafología. Instituto de Suelos-INTA Castelar. Las Cabañas y De Los Reseros S/N Hurlingham (1712) Tel: +54-11-4621-1448 (2) IMYZA-INTA Castelar Tel: +54-11-4883-4320 (3) Cátedra de Microbiología Agrícola. FAUBA. Av. San Martín 4453 – (C1417DSE). CABA. Tel: +54-11-4524-8034

RESUMEN:

Es sabido que la actividad antropogénica produce cambios en el estado de perturbación del suelo resultando inminente la búsqueda de indicadores biológicos capaces de describir su estado de salud/perturbación actual. El objetivo del presente trabajo fue estimar el efecto del sistema de producción agrícola sobre algunas propiedades a fin de obtener indicadores biológicos que detecten el estado de salud/perturbación actual del suelo. En este sentido se seleccionaron lotes bajo ocho años de siembra directa, ubicados en un relieve homogéneo y con un suelo clasificado como Argiudol típico, perteneciente a la Serie Capitán Sarmiento, situado en la provincia de Buenos Aires. El trabajo se dividió en dos instancias diferentes. Se realizó un estudio tras un ciclo de cultivo con variación temporal estableciéndose el ensayo con dos tratamientos, (1) cultivado con soja y (2) no cultivado, a los efectos de estudiar cambios producidos sobre la microbiota del suelo tras una campaña de soja. Por otro lado, se realizó un estudio con variación espacial, para observar cambios sobre la microbiota del suelo afectado por diferentes rotaciones de cultivo donde los tratamientos fueron: (1) rotación maíz-avena-soja y (2) rotación maíz-soja-soja. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados. Se tomaron muestras compuestas de 0 a 20 cm de profundidad a intervalos de 5 cm. Tanto la actividad deshidrogenasa como el análisis de perfiles funcionales de la población microbiana, mostraron los mayores valores de cambio, estadísticamente significativos, comportándose como indicadores más sensibles a la explotación agrícola en ese suelo.

Palabras Claves: Indicadores, salud del suelo, microbiota

INTRODUCCIÓN

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y del ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios experimentados en el suelo tras la intensificación y los diferentes tipos de manejo agrícola.

Una agricultura sustentable implica establecer un mantenimiento a largo plazo de los sistemas naturales, una producción agrícola óptima con baja cantidad de insumos, ingresos económicos adecuados por unidad de producción, la satisfacción de las necesidades humanas (trabajo, alimento, salud, educación y vivienda (Zinck, J and Farshad A. (1995)).

Los indicadores de salud del suelo han sido definidos como atributos que miden o reflejan estados ambientales o condiciones de sustentabilidad, los umbrales en cambio, son niveles de indicadores en los sistemas por encima de los cuales hay cambios significativos, los cuales se consideran puntos en los que los estímulos provocan respuestas significativas.

En términos de manejo sustentable del suelo, el valor de umbral, puede ser considerado como el nivel de un indicador específico por encima del cual un sistema de manejo de un suelo particular no resulta sustentable (Syers *et al.*, 1995).

Sin embargo, el conocimiento en relación con los umbrales no está bien desarrollado, excepto para un número limitado de indicadores ambientales como lo son la acidez del suelo, el estado nutricional de P y K para un dado tipo de suelo, o algunos indicadores biofísicos como la densidad del suelo no cultivado.

Sería esperar demasiado de un simple valor de umbral para que represente el corte entre un manejo sustentable y otro no sustentable. Consecuentemente, se requiere un rango de valores de umbrales y test temporales para indicadores particulares.

En el presente trabajo se han manejado variables para obtener información biológica sobre el estado de salud actual de un suelo en particular. En función de esto evaluamos variables generales y algunas variables específicas. Dentro del primer caso se encuentran la determinación de respiración basal del suelo, de carbono proveniente de biomasa microbiana, los análisis de materia orgánica y de carbono orgánico total, principales grupos microbianos taxonómicos y fisiológicos y análisis microbianos a nivel de comunidades. Dentro del segundo caso, se encuentran la determinación de algunas actividades enzimáticas.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo general realizar un estudio del impacto de la explotación de un suelo agrícola sobre su microbiota edáfica y su relación con el estado de salud del mismo. Como además, determinar el rol que ejercen los grupos de variables vinculadas a la actividad microbiológica del suelo sobre la salud del mismo.

Para ello, en primera instancia, se evaluó el comportamiento de algunas variables biológicas, microbiológicas y bioquímicas sobre un sistema de explotación del suelo. Este objetivo se realizó con una variación temporal, para lo cual se realizó un muestreo en post-siembra y un segundo muestreo, en post-cosecha. Y, en segunda instancia, se evaluó el comportamiento de las mismas variables sobre dos secuencias diferentes de rotación de cultivo. Por tanto este objetivo requirió un muestreo simultáneo con variación espacial en diferentes lotes.

Las hipótesis planteadas en el presente trabajo fueron las siguientes:

1. Ciertas variables biológicas, microbiológicas y bioquímicas permiten diferenciar estados de salud edáfica propios de un suelo cultivado y de otro sin cultivar.
2. Diferentes secuencias de cultivo modifican las variables biológicas, microbiológicas y bioquímicas que definen la salud edáfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño estadístico y análisis de los datos

Tanto para el estudio con variación temporal llevado a cabo en el lote 4 en pre y post-cosecha de soja, como para el estudio comparativo entre diferentes rotaciones de cultivo en post-cosecha, se trabajó con un diseño del tipo bifactorial en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones y seis unidades experimentales, cada una de ellas, con un área del 100 m². Cada muestra fue compuesta por 20 submuestras.

Tratamientos del Ensayo 1:

PS: suelo cultivado con soja en el estadio fenológico correspondiente a 8 días post-siembra con tipo de suelo y relieve homogéneo (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

TPS: suelo testigo sin cultivar, con tipo de suelo y relieve homogéneo, muestreado en el mismo momento que PS en una parcela lindera (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

PC: suelo muestreado en período de post-cosecha de soja, con tipo de suelo y relieve homogéneo (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

TPC: suelo testigo sin cultivar, con tipo de suelo y relieve homogéneo, muestreado en el mismo momento que PC en una parcela lindera (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

Tratamientos del Ensayo 2:

MAS: suelo cultivado con soja en el estadio fenológico correspondiente a 8 días post-siembra con tipo de suelo y relieve homogéneo (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

TMAS: suelo testigo sin cultivar, con tipo de suelo y relieve homogéneo, muestreado en el mismo momento que PS en una parcela lindera (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

MSS: suelo muestreado en período de post-cosecha de soja, con tipo de suelo y relieve homogéneo (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

TMSS: suelo testigo sin cultivar, con tipo de suelo y relieve homogéneo, muestreado en el mismo momento que PC en una parcela lindera (n=3). Cada una de las tres muestras, son compuestas, constituidas por 20 submuestras, para cada profundidad.

Condiciones de muestreo y transporte

Se extrajeron muestras de las parcelas mediante la utilización de un barreno de acero de 2 cm de diámetro y 50 cm de longitud, tal como se muestra en la figuras 3. Las muestras se tomaron a una profundidad de 20 cm con intervalos de 5 cm. Las muestras obtenidas inmediatamente fueron colocadas en bolsas de polietileno de color oscuro, mantenidas a 4 °C hasta la finalización del muestreo y luego, transportadas al laboratorio dentro una conservadora de frío a 4 °C. En el

laboratorio se conservaron a 4°C y en oscuridad hasta su procesamiento.

Determinación de indicadores biológicos

Evaluación de la Actividad Biológica Global

La actividad biológica global se determinó mediante la técnica de respiración basal de suelo empleando la técnica de valoración del NaOH (Alef y Nannipieri, 1995).

Evaluación de carbono proveniente de biomasa microbiana.

La determinación del carbono proveniente de a biomasa microbiana se utilizó la técnica de fumigación con Cloroformo de Jenkinson y Polwson, 1976 (Alef y Nannipieri, 1995).

Evaluación del contenido de materia orgánica y carbono orgánico total.

La evaluación del contenido de materia orgánica y carbono orgánico total se realizó según el método de Walkley-Black (Alef y Nannipieri, 1995).

Determinación de indicadores microbiológicos

Enumeración de los principales grupos taxonómicos (Alef y Nannipieri, 1995).

Enumeración de la densidad de los principales grupos funcionales vinculados con los ciclos de carbono y nitrógeno (Alef y Nannipieri, 1995).

Estudio de perfiles funcionales de las comunidades microbianas del suelo (Garland y Mills, 1991).

Determinación de indicadores bioquímicos

Evaluación actividades enzimáticas, deshidrogenasa (Nannipieri et al., 2002), ureasa (Kandeler y Gerber, 1988), beta- glucosidasa (Nannipieri et al., 2002).

RESULTADOS

En el ensayo 1, el contenido de materia orgánica del suelo testigo, en el período de post-siembra de soja presentó diferencias significativas ($p < 0.005$) con respecto al suelo explotado, y al comparar dicha variable entre post-siembra (PS) y post-cosecha (PC), mostró nuevamente diferencias significativas ($p < 0.008$) a favor del suelo en post-siembra. Siendo evidente que el contenido de materia orgánica es significativamente mayor ($p < 0.05$) en el suelo testigo sin cultivar que en el suelo perturbado tanto en post-siembra como en post-cosecha. Además puede observarse que tras la campaña de soja fue significativamente menor después de la cosecha.

En el ensayo 2, al evaluar el contenido de materia orgánica en suelos con diferentes cultivos antecesores, se observó que el suelo testigo sin cultivar lindero a la rotación maíz-soja-soja (TMSS) presentó diferencias significativas ($p < 0.002$) sobre el contenido de materia orgánica del suelo cultivado con soja en la rotación maíz-soja-soja (MSS), y a su vez pudo observarse diferencias significativas ($p < 0.002$) a favor de la rotación maíz-avena-soja (MAS) con respecto a la rotación maíz-soja-soja.

En cuanto a la variable respiración basal de suelo, en ambos momentos de muestreo (PS y PC), no se observaron diferencias significativas ($p < 0.005$) a favor de PS, y se observaron diferencias significativas ($p < 0.005$) entre el suelo sin cultivar y el suelo cultivado. Del mismo modo, se observaron diferencias ($p < 0.002$) a favor de la rotación MAS con respecto a la rotación MSS.

La variable carbono proveniente de biomasa microbiana, no mostró diferencias significativas en ninguno de los dos ensayos.

Los grupos taxonómicos y funcionales, analizados en ambos ensayos no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

En cambio, al analizar las poblaciones microbianas mediante la utilización de diferentes fuentes carbonadas generando diferentes perfiles funcionales de la comunidad del suelo, mostró un comportamiento diferencial en el ensayo con diferentes rotaciones de cultivo, comportándose como una variable sensible a los cambios producidos por el tipo de manejo agrícola.

En cuanto a la evaluación de la medición de actividades enzimáticas, la actividad deshidrogenasa, mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) en el suelo no perturbado con respecto al suelo bajo explotación.

DISCUSIÓN

La salud del suelo está condicionada por diversos factores entre los cuales se incluyen la actividad biológica, la capacidad de almacenaje de agua, la disponibilidad de nutrientes y la proporción de materia orgánica (Anderson y Domsh, 1980).

Existe un considerable interés en determinar cómo el concepto de salud del suelo, se relaciona con el uso de las tierras agrícolas en la producción sustentable, con la aceptación general de que el uso sustentable requiere conservar propiedades edáficas que son importantes desde el punto de vista de la fertilidad y el laboreo del suelo (Bezdicsek et al., 1996).

La utilización de diversas fuentes carbonadas fue suficientemente sensible para detectar cambios a corto plazo en la diversidad funcional microbiana como respuesta a las diferentes rotaciones de cultivo, este aporte fue coincidente con lo observado por Fliebbach and Mäder (1997).

A partir del análisis bioquímico donde se determinaron diferentes actividades enzimáticas podría decirse que las variables bioquímicas estudiadas permitieron observar variaciones en el estado del suelo, a diferencia de las variables biológicas las cuales no manifestaron sensibilidad significativa a este nivel, por lo que podrían postularse dentro de un perfil de otras variables, como indicadores de cambio en el estado del suelo.

CONCLUSIÓN

Por lo expuesto, podría decirse que tanto en diferentes momentos durante la explotación agrícola y utilizando diferentes rotaciones de cultivo, las variables más sensibles a los cambios a corto plazo en la actividad microbiana del suelo han sido la evaluación de los perfiles funcionales y la determinación de deshidrogenasas.

BIBLIOGRAFÍA

Alef, K. and Nannipieri, P. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press Harcourt Brace and Company Publishers Great Britain.

Anderson, J. P. E and Domsh, K. H. 1980. Quantities of plant nutrients in the micro vial biomass of selected soil. *Soil Science*, 130:211-216.

- Bezdicsek, F.; Papendick, R.I. and Lal, I. 1996. Methods for Assenssing Soil Quality, Chapter Introduction: Importance of soil quality to health and sustainable land management. Doran, J W and Jonns, A J (ed) ASA, Madison, WI p 2-8
- Fliebbach, A and Mäder, P. 1997. Microbial communities: Functional versus Structural analysis approaches. Chapter: Carbon source utilizaci3n by micro vial communities in soil under organic and conventional farming practice, p37-48. Insam, H and Rangger, A (eds). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Garland, J. L. and Mills, A L.1991. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community level sole-carbon-source utilization. *Applied and Environmental Microbiology*, 57:2351-2359.
- Kandeler, E. and Gerber, H. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, 1:68-72.
- Nannipieri, P.; Kandeler, E and Ruggiero, P. 2002. Enzymes in the Environment: Activity, Ecology and Applications. Marcel Dekker, New York.
- Roper, M. M and Gupta, V V S R. 1995. Management practices and soil biota. *Australian Journal Soil Research*, 33:321-339.
- Salinas-García, J. R., Hons, F. M., and Matocha, J. E. 1997. Long-term effects of tillage and fertilizaci3n on soil organic matter dynamic. *Soil Science Society of America Journal*, 61:152-159.
- Sinsabaugh, R. L. 1994. Enzymatic analysis of microbial pattern and process. *Biology and Fertility of Soils*, 17:64-74.
- Syers, J. K.; Hamblin, A. and Pushparajah, E. 1995. Indicators and thresholds for the evaluation of sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 75:423-428.
- Zinck, J. A and Farshad, A. 1995. Issues of sustainability and sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 75:407-412.