

ISBN 978-987-679-170-0

Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense

30 años de experiencias

Chacra Experimental Integrada Barrow
(Convenio MAA-INTA)

■ Ediciones

Publicaciones Regionales

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de
Asuntos Agrarios



Buenos Aires
LA PROVINCIA

Capítulo 8- La flora y fauna edáficas

Caracterización de suelos mediante el uso de variables biológicas. Comunidad fúngica del suelo. Respuesta a diferentes manejos agrícolas. Actividad enzimática y respiratoria de un suelo. Su uso como potenciales bioindicadores de calidad de suelos. Impacto de diferentes secuencias de cultivos sobre la macro y mesofauna del suelo.

Introducción

El suelo contiene una gran variedad de macro y microorganismos cuyo funcionamiento está influenciado fuertemente por la temperatura. En áreas templadas, como la región que nos ocupa, donde existe una gran diferencia entre las temperaturas altas del verano y las bajas del invierno, la actividad de los organismos del suelo es más reducida en esta última estación.

Los diferentes grupos de organismos del suelo pueden ser clasificados de acuerdo a Brechelt (2004) en:

- Flora
 - Macroflora = raíces y residuos de plantas superiores
 - Microflora = bacterias, hongos, actinomicetes, algas
- Fauna
 - Macrofauna = lombrices, milpies, caracoles y babosas, etc.
 - Mesofauna = Insectos, arañas, ácaros, etc.
 - Microfauna = nematodos, protozoos, etc.

La población biológica se divide proporcionalmente en 80% flora y 20% fauna. Dentro de la flora se destacan hongos y algas 40%, bacterias y actinomicetes 40%, mientras que la fauna está compuesta por lombrices 12%, macrofauna 5%, mesofauna y microfauna 3%.

Los microorganismos del suelo (biota), usan los residuos de plantas y animales y los derivados de la materia orgánica (MO) como alimento. Mientras más alta sea la producción de biomasa del cultivo (y su posterior aporte de rastrojos), mayor será la población microbiana del suelo.

Los sistemas de producción agrícola en los cuales los residuos son dejados sobre la superficie, como en siembra directa o mediante el uso de cultivos de cobertura, estimulan el desarrollo y la actividad biológica (Moreno et al., 2011; Nesci et al., 2006). Los productos de desecho resultantes, contribuyen a la formación de la MO del suelo.

Por otro lado, los microorganismos también descomponen la MO. En este proceso, interactúan directamente en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes (nitrógeno, fósforo, azufre y otros), liberándolos dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes) (Figura 8-1).

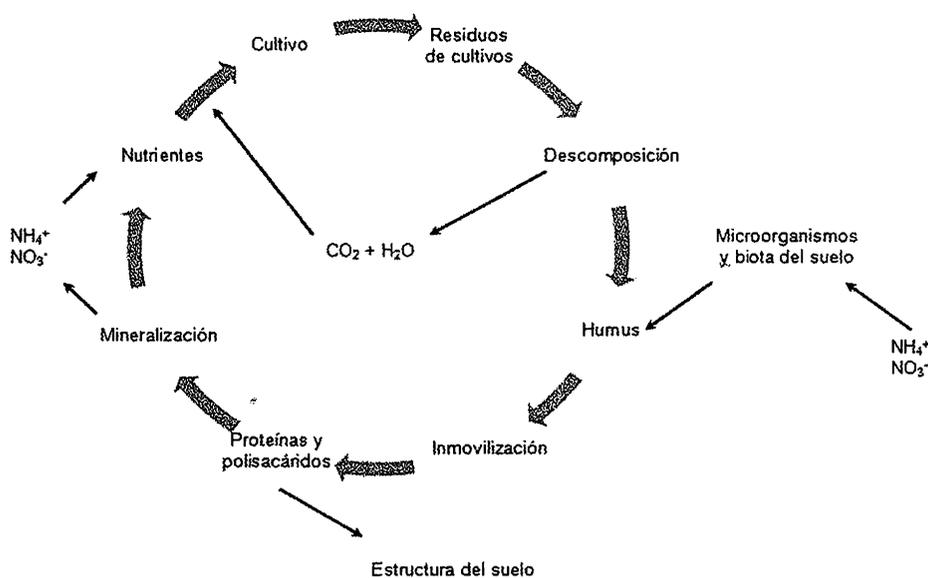


Figura 8-1: Ciclo del carbono mostrando la absorción de nitrógeno y su liberación por los microorganismos. Fuente: FAO: Documento Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible.

Los microorganismos presentes en el suelo responden de manera integrada y sensible a los cambios producidos en el ambiente por los distintos manejos aplicados (Turco et al., 1994). La función más importante es aquella acción

combinada de hongos, actinomycetes, bacterias e individuos pertenecientes a la mesofauna, que transforman los residuos en humus.

Por esta razón, se entendió la necesidad de analizar la actividad biológica de los suelos bajo estudio como componentes específicos del agroecosistema, buscando entender el impacto de los distintos manejos sobre la calidad del suelo y la sustentabilidad de las prácticas agronómicas.

Bibliografía

- BRECHTEL, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. 1° Ed. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América latina. Chile.
- FAO. 1996. Documento: Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Materia orgánica y actividad biológica. En: www.fao.org/ag/ca.
- MORENO, M. V.; SILVESTRO, L. B.; FORJAN, H.; MANSO, L.; BERON, C.; ARAMBARRI, A. M. 2011. Ocurrencia de especies fúngicas en un suelo del centro-sur bonaerense: respuesta a diferentes manejos agrícolas. XII Congreso Argentino de Micología, Posadas, Misiones, Argentina.
- NESCI, A.; BARROS, G.; CASTILLO, C.; ETCHEVERRY, M. 2006: Soil fungal population in preharvest maize ecosystem in different tillage practices in Argentina. *Soil & Tillage Research*, 91:143-149.
- TURCO, R. F.; KENNEDY, A. C.; JAWSON, M. D. 1994. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J. W. (Ed.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science of Society of America, Special Publication 35, Madison, WI. pp. 73-90.

COMUNIDADES BIOLÓGICAS Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO ASOCIADAS A LA SIEMBRA DIRECTA EN EL SUDESTE BONAERENSE

Prof. Univ. Luciana Silvestro^{1,2}, Dra. M. Virginia Moreno^{1,6}, Ing. Agr. Horacio Forján³, Ing. Agr. (Mg.Sc.) Ada Albanesi⁴, Dra. Cs. Nat. A. M. Arambarrí⁵, Lic. I. Dinolfo^{1,2}, Dr. Cs. Agr. S. A. Stenglein^{1,6}, Ing. Agr. (MSc) Lucrecia Manso³, Ing. Agr. F. Bongiorno⁷.

En la última década, los principales países productores de cereales aumentaron en forma significativa su productividad, mediante la aplicación de tecnologías que combinan fundamentalmente nuevos desarrollos genéticos con ajustes más precisos en el manejo de los cultivos. Los efectos del desarrollo y adopción de tales tecnologías han sido particularmente notables en la Argentina. El aumento de las prácticas como siembra directa (SD), fertilización, intensificación del uso de micronutrientes, riego y aplicación de reguladores de crecimiento generan cultivos con expectativas de altos rindes. La utilización de manejos altamente tecnificados se ha reflejado en una mejora significativa en los niveles de producción de los cultivos que se practican extensivamente; sin embargo, se ha evidenciado un deterioro de los suelos en sus propiedades físicas y químicas. No es menos importante, el impacto en las propiedades biológicas del suelo, relacionadas con el desarrollo de la biomasa de organismos y sus actividades (Campos, 1999).

El sistema de SD produce cambios cuali y cuantitativos a nivel de suelo, puesto que la cobertura con rastrojos y la no remoción del suelo generan un hábitat con condiciones de humedad y temperatura respondiendo a la necesidad de mantener y/o mejorar la calidad de los recursos naturales en el proceso productivo agrícola (Shukla et al., 2003). Su adopción generalizada en la región bajo estudio, ha permitido mejorar el aprovechamiento del agua, proteger contra la erosión, aumentar el contenido de materia orgánica (MO), y favorecer la actividad biológica en el suelo, entre otras ventajas (Alvear, 2006).

En gran parte de las regiones con agricultura templada se proyecta una expansión importante del área de cultivo bajo SD, lo cual, dará continuidad al proceso de intensificación, preservando el recurso suelo y permitiendo expandir las posibilidades de cultivo en otras regiones o ecosistemas frágiles. Esta sucesión de factores provocará una serie de adaptaciones entre los grupos fúngicos competitivos, o no, que se manifiestan en efectos diversos y que a nivel

¹ Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología (BIOLAB-CEBB-CONICET), Fac. de Agronomía (FAA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

² Becaria Doctoral ANPCyT.

³ Chacra Experimental Integrada Barrow, (Convenio MAA Bs.As. – INTA). Tres Arroyos.

⁴ Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Agronomía y A Universidad Nacional de Santiago del Estero.

⁵ Instituto Spegazzini. Facultad Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

⁶ Microbiología Agrícola, FAA, UNCPBA.

⁷ Estadística, FAA, UNCPBA

Actividad biológica del suelo

Muchas de las reacciones bioquímicas, involucradas en el ciclo y disponibilidad de nutrientes y en la transformación de la MO, son catalizadas por enzimas. Es conocido que la mayor parte de estas enzimas derivan de los microorganismos. Se han encontrado correlaciones entre la actividad microbiana del suelo y los niveles de actividad enzimática (Alvear et al., 2006), por lo que pueden ser utilizadas como indicadores de alteraciones de la dinámica microbiana del suelo, debido a que son los microorganismos los que ejercen una gran influencia en numerosas reacciones de los ciclos del carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y otros elementos. La actividad metabólica es la responsable de procesos como la mineralización y humificación de la MO, así como de las transformaciones donde se involucra a la propia biomasa microbiana del suelo. La actividad biológica del suelo es factible de ser medida indirectamente a través de la respiración basal del suelo (RB), actividades enzimáticas y actividad metabólica. En nuestro proyecto hemos propuesto evaluar la RB y las enzimas deshidrogenasa (Dh), ureasa (Ur) y fosfatasa (Ph).

Las enzimas del suelo tienen un rol fundamental en todos los procesos de la descomposición de la MO en el suelo (Sinsabaugh et al., 2000). Generalmente, las actividades enzimáticas declinan con la profundidad y están estrechamente relacionadas con la actividad microbiana del suelo y la disponibilidad de C y N en el mismo. El análisis de la varianza para el carbono oxidable (CO) mostró diferencias significativas entre las profundidades (Tabla 8-1).

Tabla 8-1: Efecto de las diferentes secuencias de cultivo, época y profundidad de muestreo, sobre diferentes parámetros biológicos del suelo.

| Fuente de Variación | Valor P | | | | |
|---------------------|--------------------------|---|--|-------------------------------------|--|
| | CO (g.kg ⁻¹) | Respiración (µg CO ₂ g ⁻¹) | Deshidrogenasa (µg TPF g ⁻¹) | Fosfatasa (µg PNF g ⁻¹) | Ureásica (µg NH ₃ g ⁻¹) |
| Fecha (F) | 0,9389 | <0,0001 | 0,0003 | <0,0001 | <0,0001 |
| Bloque | 0,0052 | 0,0059 | 0,8399 | 0,1736 | 0,1148 |
| Profundidad (P) | <0,0001 | 0,0007 | <0,0001 | 0,2234 | <0,0001 |
| Secuencia (S) | 0,2469 | 0,4915 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| F*P | 0,9594 | 0,9717 | 0,0002 | 0,3087 | <0,0001 |
| F*S | 0,1072 | 0,7135 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| P*S | 0,9013 | 0,4520 | 0,0006 | <0,0001 | 0,0009 |
| F*P*S | | 0,4222 | 0,0063 | <0,0001 | <0,0001 |

ns: no significativo; *** F valor significativo de P < 0.05

Secuencia: I: Agrícola conservacionista: Trigo-Girasol-Sorgo granífero; II: Mixto con pasturas sin verdes: Trigo-Sorgo-Soja-Colza; III: Agrícola de invierno para suelos limitados: Trigo-Colza-Cebada-Soja 2^a; IV: Mixto tradicional con verdes: Trigo-Avena/Vicia-Girasol; V: Agrícola intenso: Trigo-Cebada-Colza-Soja 1^a y 2^a.

Profundidad: a: 0-5 cm, b: 5-10 cm; c: 10-20 cm

Fecha: Diciembre 2009, Abril 2010, Agosto 2010

Se observó una distribución diferente de la MO en función de la profundidad de muestreo (Figura 8-2a); similares resultados fueron observados por Alvear et al., (2006). Esto se puede atribuir a que la no remoción del suelo en el sistema de SD origina la estratificación de la MO, como resultado de la falta de incorporación de los residuos y debido a que no se altera el ordenamiento natural de los componentes sólidos del suelo (Quiroga et al., 1998).

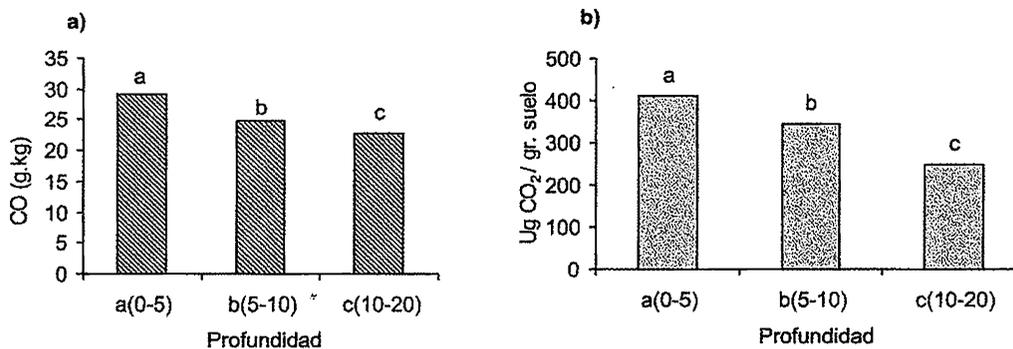


Figura 8-2: Efecto de la profundidad a) sobre el contenido del carbono oxidable (CO) y b) Respiración basal (RB) del suelo. Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas al p=0,05

La actividad biológica (RB) reflejó diferencias significativas entre las profundidades y la fecha de muestreo (Tabla 8-1). La mayor actividad biológica se observó para los primeros cinco centímetros del suelo (a) (Figura 8-2b). Tal situación se adjudicó a que la actividad microbiana se concentra en los 5 cm superiores del suelo donde existe el mayor contenido de residuos, por lo que la mayor acumulación de MO en el suelo incrementa la biomasa microbiana (Jenkinson; Ladd, 1981).

Las actividades fosfatasa y deshidrogenasa (Figuras 8-3 a, c) presentaron diferencias estadísticamente significati-

vas entre las profundidades, los tratamientos y entre las interacciones dobles y triples correspondientes; de la misma manera, la actividad ureásica, excepto entre profundidades (Figura 8-3 b). La significancia para las interacciones triples indica la alta sensibilidad de estas actividades a los cambios introducidos en el ambiente suelo. Como era esperable son propiedades biológicas del suelo muy dinámicas, por lo que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o de mejora de los suelos (Bandick ; Dick, 1999), no pudiendo individualizar de esta manera los efectos propios de cada tipo de rotación de cultivos, profundidad y época de muestreo (Figura 8-3 a, b, c).

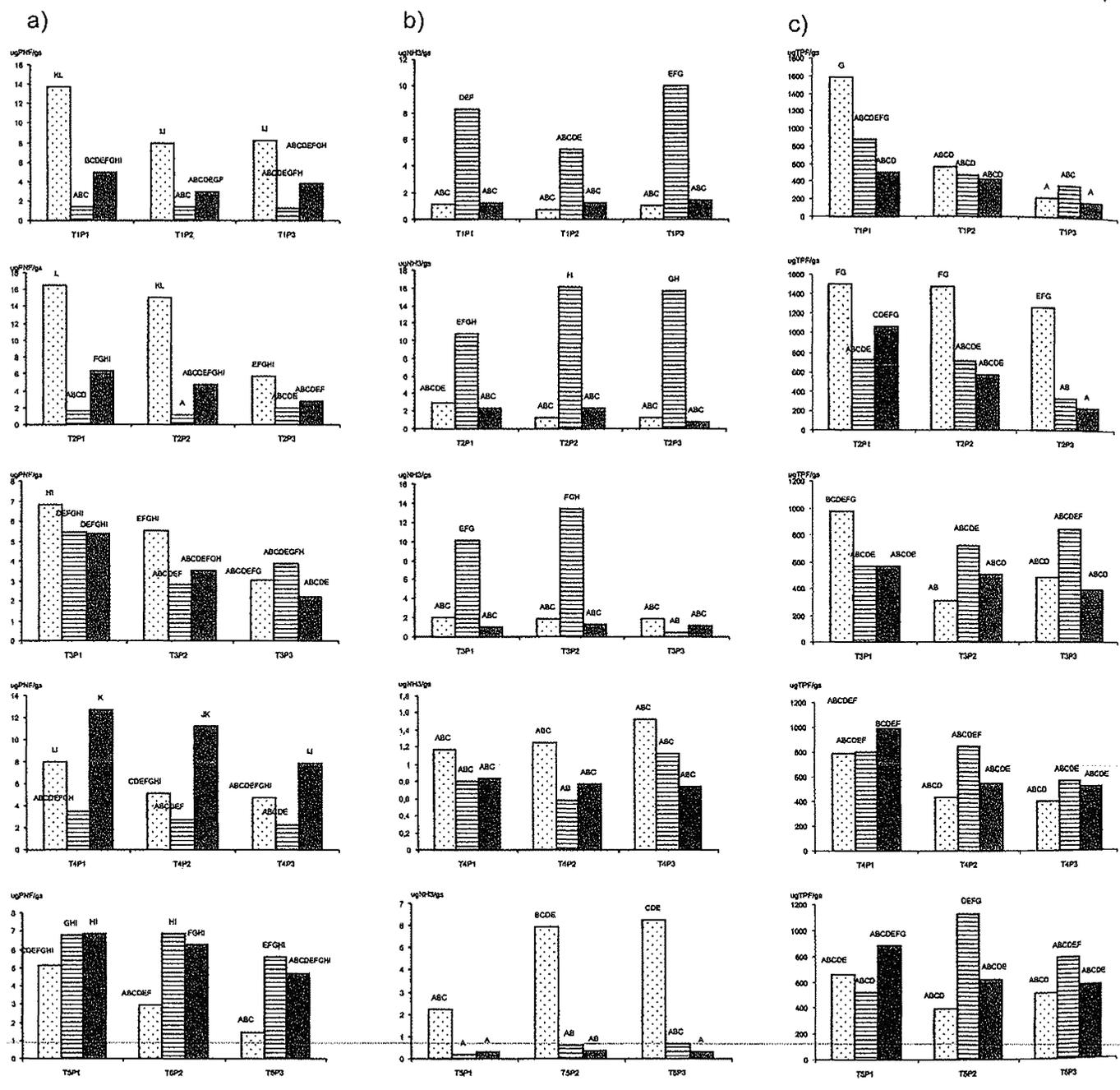


Figura 8-3: Efecto de la fecha, profundidad de muestreo y tratamiento sobre, a) actividad fosfatasa b) actividad ureásica y c) actividad deshidrogenasa.

Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas al $p=0,05$
 Tratamientos: T1: Agrícola conservacionista: Trigo-Girasol-Sorgo granífero; T2: Mixto con pasturas sin verdeos: Trigo-Sorgo-Soja-Colza; T3: Agrícola de invierno para suelos limitados: Trigo-Colza-Cebada-Soja 2ª; T4: Mixto tradicional con verdeos: Trigo-Avena/Vicia-Girasol; T5: Agrícola intenso: Trigo-Cebada-Colza-Soja 1ª y 2ª.
 Profundidad: P1: 0-5 cm, P2: 5-10 cm; P3: 10-20 cm
 Fecha: Diciembre 2009, Abril 2010, Agosto 2010

No se observó correlación entre el CO y las diferentes actividades enzimáticas, lo cual pone en evidencia que existen otros factores que intervienen en las funciones metabólicas de los microorganismos, como pueden ser el pH y

la temperatura, y aquellos otros factores que pueden ser afectados por las prácticas de manejo (Tian et al., 2010).

Es así que, los microorganismos presentes en el suelo responden de manera integrada y sensible a los cambios producidos en el ambiente (Stenberg, 1999), de tal manera que sus variaciones obedecen a un grado de perturbación generado (Calderón et al., 2000). Comprender la respuesta de la diversidad microbiana a ambientes físico-químicos específicos, es un aspecto crucial para entender el impacto de las actividades antropogénicas sobre la calidad del suelo y la sustentabilidad de las prácticas agronómicas (Turco et al., 1994).

Comunidad fúngica del suelo

Dentro de la microflora del suelo se encuentran los hongos, grupo sumamente abundante que pueden subsistir como saprófitos, parásitos y simbioses. La importancia de estos organismos no se limita al papel que juegan en el equilibrio ecológico, como degradadores de restos orgánicos y reguladores de poblaciones de fitopatógenos y plagas en el caso de los entomopatógenos, sino que además, tienen el potencial de producir enzimas y metabolitos secundarios importantes en la industria farmacológica y alimenticia, entre otras (Heredía Abarca et al., 2004). El número y actividad de tales microorganismos dependen de diversos factores, entre ellos: el cultivo y su manejo, el tipo y manejo del suelo, el macro y microclima del lugar (Schinner et al., 1996). La actividad fisiológica de la micobiota en diferentes ecosistemas es dependiente del tipo de metabolismo de los hongos y del ambiente físicoquímico que los rodea en un tiempo determinado (Sutton et al., 1998). Los hongos degradan MO compleja, obtienen el N del amonio o nitratos y también de proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos nitrogenados (Mahaffe; Kopper, 1997). Por lo cual, la abundancia y estructura de la comunidad fúngica depende de la composición química de los residuos de plantas incorporados al suelo y de factores ambientales. Así, los hongos constituyen más del 50 % de la comunidad microbiana en suelos agrícolas (Atlas; Bartha, 1998). Participan activamente en la formación de amonio y compuestos nitrogenados simples, en la formación de humus a partir de restos orgánicos frescos, e influyen sobre la formación de agregados estables mediante la penetración de sus hifas y uniendo mecánicamente las partículas del suelo.

En el reino Fungi cerca de 80.000 especies han sido descritas, pero se cree que existen 1.5 millones (Hawksworth, 1991). Por lo cual, describir y comparar las comunidades de hongos en lotes agrícolas permitiría establecer relaciones entre las variaciones comunitarias y las características de lotes y así determinar la estructura de las comunidades fúngicas que caracterizan las diferentes condiciones de manejo, y analizarlas en relación con características físicas y agronómicas de los lotes, para definir dispositivos de manejo. Al presente, en nuestro país es escasa la información acerca del impacto de la actividad agrícola sobre la micobiota del suelo en los agroecosistemas (Bonel; Morrás, 2000; Morello et al., 2000; Moreno et al., 2011; Nesci et al., 2006; Schalamuk, 2006, 2007; Silvestro et al., 2011 a,b,c; da Veiga, Noailles, 2000).

En este proyecto, nos planteamos aportar conocimientos sobre la estructura y dinámica de la micobiota del suelo en sistemas de SD, a fin de contribuir al manejo de cultivos de importancia agronómica en la Argentina. Si consideramos que la diversidad fúngica del suelo está condicionada a las modificaciones generadas por el hombre en sus prácticas agrícolas, esta respuesta se ve reflejada en su diversidad feno y genotípica, por lo cual los niveles de biodiversidad pueden resultar potenciales indicadores de la actividad antrópica.

Los aislamientos obtenidos se clasificaron en Phylum Oomycota (2), P. Zygomycota (19), Phylum Ascomycota (975), P. Basidiomycota (2), y aquellos que no esporularon se los agrupó como Mycelia sterilia (191). El número de aislamientos obtenidos en los primeros 5 cm del suelo varió entre 68 y 104. En los siguientes 15 cm ese margen estuvo comprendido entre 40 y 79.

Los géneros más abundantes fueron aquellos que frecuentemente se observan en suelos agrícolas y que presentan una distribución cosmopolita, siendo algunos de ellos de reconocida actividad celulolítica como: *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Humicola* sp. y *Penicillium* sp. Dentro de ellos, merece especial atención el género *Fusarium* por ser considerado un potencial patógeno de cereales y de leguminosas en ensayos de SD. En menor proporción fueron aislados otros saprótrofos de suelo *Acremonium* sp., *Gilmaniella* sp. *Myrothecium* sp., *Nectria* sp., *Rhizopus* sp., *Stachybotris* sp., y potenciales patógenos como *Alternaria* sp., *Dreschlera* sp., *Pithomyces* sp., *Verticillium* sp.

Se observó una distribución vertical de los géneros, la mayor frecuencia (82 %) y variabilidad de géneros se correspondió con los primeros 5 cm del suelo. En sistemas de SD la capa superficial de rastrojo aporta C en el suelo superficial y formas orgánicas de N, produciendo un aumento de la biomasa de bacterias y hongos en los primeros 10 cm del suelo (Tabla 8-2).

Tabla 8-2: Efecto de las diferentes secuencias de cultivo y profundidades de muestreo sobre la frecuencia de géneros aislados.

| Fuente de variación | gl | Valor p |
|-------------------------|----|---------|
| Bloque | 2 | 0,3724 |
| Secuencia | 4 | 0,6979 |
| Profundidad | 2 | 0,0282 |
| Secuencia x Profundidad | 8 | 0,9578 |
| Error | 28 | 0,04 |
| Total | 44 | |

ns: no significativo; *** F valor significativo de $P < 0.05$

Secuencia: I: Agrícola conservacionista, II: Mixto con pasturas sin verdeos, III: Agrícola de invierno para suelos limitados, IV: Mixto tradicional con verdeos., V: Agrícola intenso. - Profundidad: a: 0-5 cm, b: 5-10 cm; c: 10-20 cm

Uno de los géneros que se aisló en mayor frecuencia fue *Fusarium*. Las especies de *Fusarium* están ampliamente distribuidas en diferentes tipos de suelo como saprófito, condición que también favorece su presencia en suelos cultivados asociadas comúnmente con restos y raíces de las plantas (Burgess, 1981). Asimismo, también es conocida su condición de endófito (Pitt; Hocking, 1999). En los sistemas agrícolas, la importancia de este hongo está fuertemente asociada con varias enfermedades que tienen un alto impacto en los rendimientos y también con la contaminación por micotoxinas en los granos. Diferentes estudios sugieren que la diversidad de la población de *Fusarium* tiene una fuerte relación con el tipo de labranza y manejo del cultivo (Wakelin et al., 2008). *Fusarium* puede sobrevivir como clamidospora o micelio asociado a las partículas del suelo, por lo tanto, ser una potencial amenaza para la sanidad de los cultivos cuando las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del hongo. Para suelos de la Argentina, las referencias disponibles están relacionadas con la población de *Fusarium* en relación a su presencia en rastrojos y raíces de las plantas (Fernández et al., 2008). A nuestro entender, los estudios comparativos sobre los efectos de manejos agrícolas sobre la población de *Fusarium* del suelo son escasos. Nesci et al. (2006) reportaron que la población de *Fusarium* fue significativamente diferente entre LC y SD. Steinkellner y Langer (2004), observaron que la frecuencia *Fusarium* en el suelo se vio afectada por la fecha de toma de muestra, el tipo de labranza y el tipo de secuencia de cultivo. Wakelin et al. (2008), demostraron que la comunidad de *Fusarium* sp., está estrechamente relacionada con el tipo de manejo del sistema agrícola.

Se aislaron 122 cepas de *Fusarium* las que se agruparon como *F. equisetii*, *F. merismoides*, *F. oxysporum*, *F. scirpi* y *F. solani*. La distribución de las cinco especies del género *Fusarium* fue diferente entre las secuencias de cultivos y profundidades. Sin embargo, estas diferencias fueron estadísticamente significativas sólo para *F. oxysporum* (Tabla 8-3). Hemos observado el mayor número de aislamientos en los primeros 5 cm del suelo y el mismo resultado fue encontrado en Coronel Suárez, provincia de Buenos Aires, Argentina por Cabello (1986a). La mayor frecuencia (Fr) de *F. oxysporum* se observó en la secuencia de agricultura intensiva (Tratamiento V= TV). La menor Fr se observó en la secuencia mixto tradicional con verdeos (TIV). Este resultado podría explicarse por la presencia de pastoreo de ganado y la baja disponibilidad de rastrojos respecto a los demás.

Tabla 8-3: Efecto de la secuencia de cultivo y profundidad sobre la Fr de *Fusarium* sp.

| Fuente de variación | Gl | Cuadrado medio | | | | |
|-------------------------|----|--------------------|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|
| | | <i>F. equiseti</i> | <i>F. merismoides</i> | <i>F. oxysporum</i> | <i>F. scirpi</i> | <i>F. solani</i> |
| Bloque | 2 | 0,6221 | 0,6221 | 0,4441 | 0,6221 | 0,8746 |
| Secuencia | 4 | 0,5828 ns | 0,5828 | 0,0186 *** | 0,5828 | 0,4192 |
| Profundidad | 2 | 0,6221 | 0,6221 | 0,0001 *** | 0,1638 | 0,8746 |
| Secuencia x profundidad | 8 | 0,4011 | 0,4011 | 0,1645 | 0,6690 | 0,6015 |
| Error | 28 | | | | | |
| Total | 44 | | | | | |

ns: no significativo; *** Fvalor significativo de $P < 0.05$

Secuencia: I: Agrícola conservacionista, II: Mixto con pasturas sin verdeos, III: Agrícola de invierno para suelos limitados, IV: Mixto tradicional con verdeos, V: Agrícola intenso - Profundidad: a: 0-5 cm, b: 5-10 cm; c: 10-20 cm

Otro de los géneros aislados con mayor frecuencia fue *Trichoderma*. Es un género frecuentemente hallado en suelos agrícolas, forestales y pastizales, su amplia distribución se debe a su actividad celulolítica. Ha sido y es ampliamente estudiado debido a su condición de agente biocontrolador de fitopatógenos y promotor de crecimiento (Perelló et al., 2009). Meriles et al. (2009) observaron que la frecuencia de propágulos de *Trichoderma* en suelo agrícola bajo labranza reducida, aumenta cuando la secuencia anual de rotación alterna maíz/soja frente al monocultivo de soja. Asimismo, Larking (2003) señaló que los propágulos de *Trichoderma* fueron mayores en aquellos sistemas donde las secuencias son ricas en cultivos (trigo, avena, mijo y cebada) respecto al monocultivo de papa. Se identificaron diez especies de *Trichoderma*: *T. aureoviride*, *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. longibrachiatum*, *T. piluliferum*, *T. polysporum*, *T. pseudokoningii*, *T. strigosum* y *T. viride*. Sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre profundidades para la abundancia (número de aislamientos), para *T. hamatum* siendo los 0-5 cm la profundidad que mostró el mayor valor (5 aislamientos).

Penicillium es uno de los géneros cosmopolita por excelencia, frecuentemente hallado en diferentes ambientes y climas. Es un género considerado saprobio (celulolítico por excelencia), solubilizador de fósforo (Panda et al., 2010). *Penicillium* sp. ha sido y es ampliamente estudiado por ser productor de metabolitos secundarios y toxinas. Se obtuvieron 164 cepas correspondientes a *Penicillium* las que se agruparon en 15 especies. El 43,9 % se aisló de los primeros 5 cm del suelo. En el tratamiento TII (Mixto con pasturas sin verdeos) se aisló el 32 % de las cepas de *Penicillium*. El ANOVA para la abundancia de las especies de *Penicillium* no mostró diferencias estadísticamente significativas. La especie más numerosa fue *P. funiculosum* representando el 47 % de las especies de este género, el que también se obtuvo en mayor número en el TII. *P. funiculosum* es capaz de degradar un amplio espectro de fuentes carbonadas y ha sido aislado desde diferentes sustratos como ser suelo, papel, cuero, agua y alimentos, en regiones tropicales y templadas. Asimismo ha sido citado como un potencial agente biocontrolador, a través de la producción de antibióticos y antifúngicos (Fang; Sao, 1995).

Entre los potenciales patógenos se aislaron 22 cepas pertenecientes al género *Alternaria*, las que se identificaron como *A. tenuissima* y *A. alternata*. Ambas especies requieren especial atención ya que se encuentran citadas como patógenas de trigo y productoras de micotoxinas. Al presente, estas especies se han aislado frecuentemente de trigo y cebada (comunicación personal Perelló CIDEFI), por lo que se sugiere a futuro realizar un estudio deta-

Consideraciones finales

Toda esta diversidad de géneros y especies, merece especial atención en la continuidad de su estudio en el tiempo. Es necesario observar las posibles variaciones estacionales que ocurran, a los efectos de detectar cambios en la dinámica de la comunidad. Así mismo, muchos de estos géneros deberán ser corroborados como potenciales fitopatógenos a través de pruebas de patogenicidad. En el caso de géneros como *Trichoderma* y *Penicillium*, se continuarán con estudios referidos a la potencial producción de metabolitos secundarios para ser utilizados como agentes biocontroladores o aplicaciones industriales.

El desarrollo de este proyecto contempla el inicio de estudios de una temática escasamente abordada en nuestro país, la de los indicadores biológicos de calidad de suelos y su potencial correlación con la diversidad alfa de la comunidad fúngica del suelo. Conocimientos que son de una necesidad prioritaria de ser desarrollados ya que la frontera agrícola se extiende, la explotación de la tierra es mayor y los productores están ávidos de alcanzar óptimos rendimientos de sus cultivos, con la necesidad de preservar el suelo para la futura producción de alimentos cuya demanda es cada vez más elevada en el contexto internacional. A los efectos de realizar este proyecto es imprescindible un trabajo abordado desde diferentes disciplinas y la aplicación de distintas metodologías para abarcar la mayoría de los espacios posibles.

A pesar que la diferencia en la diversidad alfa de la comunidad fúngica no ha sido estadísticamente significativa, se observa una tendencia que indica que "La diversidad fúngica del suelo está condicionada a los cambios generados por el hombre en sus prácticas agrícolas. Esta respuesta se ve reflejada en su diversidad fenotípica y genotípica, por lo cual los niveles de biodiversidad pueden resultar potenciales indicadores de la actividad antrópica". Es indispensable la correlación de parámetros físicos, químicos y biológicos, actualmente utilizados para evaluar la calidad y salud de los suelos, como también con las condiciones agroclimáticas para descartar variaciones estacionales de los mismos. Continuar con este tipo de estudios permitirá evaluar el uso potencial de la comunidad fúngica como indicadora de calidad de suelos, a fin de contribuir al manejo de cultivos de importancia agronómica en la Argentina.

Agradecimientos:

Este proyecto es subsidiado a través del PRH32-PICT 149 FONCyT-ANPCyT. Las actividades realizadas sobre los ensayos de Rotaciones de la CEI Barrow se encuentran comprendidas dentro del Convenio de cooperación técnica UNCPBA-CERBAS INTA para desarrollar proyectos conjuntos de investigación y desarrollo en el área de Micología, mediante la participación conjunta de los técnicos de la Chacra Experimental Integrada Barrow, y el Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología de la Facultad de Agronomía de la UNCPBA.

Bibliografía

- ALVEAR, M.; PINO, B. M.; CASTILLO, R.; TRASAR-CEPEDA, C.; GIL-SOTRES, F. 2006. Efecto de la cero labranza sobre algunas actividades biológicas en un alfisol del sur de Chile. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 6: 38-53.
- ATLAS, R.; BARTHA, R. 1998. *Microbial Ecology Fundamentals and Applications*. Fourth Edition. Benjamin Cummings Publishing Company. Menlo Park, Ca. USA. pp. 694.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. 1999. Field management effects on soil enzymes activities. *Soil Biol Biochem.* 31: 1471-1479.
- BONEL, B.; MORRAS, H. 2000. Estudio de la morfología del horizonte superficial de un Argiudol con diferentes manejos de rastrojos. *Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Mar del Plata.
- BURGESS, L. W. 1981. General ecology of the Fusaria. in: *Fusarium: Disease, Biology, and Taxonomy*. P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook, eds. The Pennsylvania University Press, University Park. pp. 225-235.
- CABELLO, M. 1986. Análisis de la metodología empleada en el aislamiento de hongos en suelos de la región inter-serrana (Partido de Coronel Suárez). *Ciencia del Suelo.* 2:226-229.
- CALDERON, F. J.; JACKSON, L. E.; SCOW, K. M.; ROLSTON, D. E. 2000. Microbial responses to simulated tillage in cultivated and uncultivated soils. *Soil Biology & Biochemistry.* 32:1547-1559.
- CAMPOS, A. 1999. Efecto de la simbra de *Pinus caribea* L., en fracciones de materia orgánica de un suelo de sabana, Uverito-Estado Monagas. Tesis Universidad Central de Venezuela. pp. 84
- da VEIGA, A.; NOAILLES BOSH, E. 2000. Pérdidas de materia orgánica en suelos de la subregión pampa ondulada. Argentina. Abstracts 11th. International Soil Conservation Organization Conference (ISCO 2000), INTA- FAUBA. Buenos Aires. 1- 56. pp 34.
- FANG, J. G.; TSAO, P. H. 1995. Efficacy of *Penicillium funiculosum* as a biological control agent against *Phytophthora* roots rots of azalea and citrus. *Phytopathology.* 85:871-878.
- FERNANDEZ, M. R.; HUBER, D.; BASNYAT, P.; ZENTNER, R. P. 2008. Impact of agronomic practices on populations of *Fusarium* and other fungi in cereal and noncereal crop residues on the Canadian Prairies. *Soil & Tillage Research.* 100: 60-71.
- HAWSKSWORTH, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycol. Res.* 95: 641-655.
- HEREDIA ABARCA, G.; REYES ESTEBANEZ, M.; ARIAS MOTA, R. M. 2004. Adiciones al conocimiento de la diversidad de los hongos conidiales del bosque mesófilo de montaña del estado de Veracruz. *Acta Botánica Mexicana.* 66: 1-22.

- JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. 1981. Microbial Biomass in Soil: Measurement and Turnover. In: Paul EA, Ladd JN, editors. *Soil Biochemistry*. Vol. 5. New York: Marcel Dekker. pp. 455–471.
- KRUPINSKY, J. M.; BAILEY, K. L.; Mc MULLEN, M. P.; GROSSEN, B. D.; TURKINGTON, T. K. 2002. Managing Plant Disease Risk and Diversified Cropping Systems. *Agronomy Journal*. 94: 198-209.
- LARKIN, R. P. 2003. Characterization of soil microbial communities under different potato cropping systems by microbial population dynamics, substrate utilization, and fatty acid profiles. *Soil Biology & Biochemistry*. 35: 1451-1466
- MAHAFFE, W. F.; KOPPER, J. W. 1997. Temporal changes in the bacterial communities of soil, rhizosphere, and endomycorrhiza associated with field-grown cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Microb. Ecol.* 34:210-223.
- MERILES, J. M. S.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G. J.; GUZMAN, C. A. 2009. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. *Soil & Research*. 103:271-281
- MORELLO, J.; BUZAI, G.; BAXENDALE, S.; RODRIGUEZ, A.; MATTEUCCI, S.; GODAGNONE, R.; CASAS, R. 2000. Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: the case of Buenos Aires. *Revista Environment & Urbanization*. Volume 12. Number 2. pp. 119-131.
- MORENO, M. V.; SILVESTRO, L. B.; FORJAN, H.; MANSO L.; BERON, C.; ARAMBARRI, A. M. 2011. Ocurrencia de especies fúngicas en un suelo del centro- sur bonaerense: respuesta a diferentes manejos agrícolas. XII Congreso Argentino de Micología, Posadas, Misiones, Argentina.
- NESCI, A.; BARROS, G.; CASTILLO, C.; ETCHEVERRY, M. 2006: Soil fungal population in preharvest maize ecosystem in different tillage practices in Argentina. *Soil & Tillage Research*, 91:143-149.
- PANDA, T. 2010. Role of fungi in relation to litter decomposition associated with *Casuarina equisetifolia* L. in coastal sand dunes, Orissa, India. *Int. J. Biod. Sci. Ecosyst. Serv. Manage.* 6: 52- 60.
- PERELLO, A.; MORENO, M. V.; MONACO, C.; SIMON, M. R.; CORDO, C. 2009. Biocontrol of *Septoria tritici* Blotch on wheat by *Trichoderma* sp. under field conditions in Argentina. *BioControl*. 54: 113-122.
- PITT J. I.; HOCKING, A. D. 1999. *Fungi and food spoilage*. Second edition. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- QUIROGA, A.; ORMEÑO, O.; PEINEMANN, N. 1998. Efectos de la siembra directa sobre propiedades físicas de los suelos En: Panigatti, J; Marelli, H; Buschiazzi, D; Gil, R. Eds. *Siembra Directa*. Hemisferio Sur. pp. 237-243.
- SCHALAMUK, S.; VELAZQUEZ, S.; CHIDICHIMO, H.; CABELLO, M. 2006. Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal associated with spring wheat: effect of tillage. *Mycologia* 1: 22–28.
- SCHALAMUK, S.; CHIDICHIMO, H.; CABELLO, M. 2007. Variación en la composición de especies de *Glomeromycota* (Fungi) en cultivos de trigo bajo distintos sistemas de labranza. *Boletín de la Soc. Argentina de Botánica*. 42: 45-53.
- SCHINNER, F.; OHLINGER, R.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. 1996. *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York, pp. 3-5.
- SHUKLA, M. R.; LAL, R.; EBINGER, M. 2003. Tillage effects on physical and hydrological properties of a Typic Argiaquoll in Central Ohio. *Soil Sci.* 168: 802-811.
- SILVESTRO, L. B.; BONGIORNO, F.; ALBANESI, A.; FORJAN, H.; STENGLEIN, S. A.; DINOLFO, M. I.; BERON, C.; ARAMBARRI, A. M.; MORENO, M. V. 2011. Efecto de la incorporación de la soja en diferentes rotaciones de cultivo bajo siembra directa sobre la comunidad fungica del suelo. I Jornada Temática del INBA. Soja. Investigación científico-técnica desarrollada en el INBA (CONICET/FAUBA) y en la Facultad de Agronomía de la UBA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- SILVESTRO, L. B.; MORENO, V.; FORJAN, H.; ARAMBARRI, A. M. 2011. Comunidad fúngica del suelo bajo siembra directa, en el sudeste bonaerense. Fungal community of soil under zero-tillage of southeastern Buenos Aires province XXXIII Jornadas Argentinas de Botánica.
- SILVESTRO, L. B.; MORENO, M. V.; FORJAN, H.; ARAMBARRI, A. M. 2011. Comunidad celulolítica de hongos del suelo bajo siembra directa en Barrow, Buenos Aires. Cellulolytic fungal community of soil under zero-tillage in Barrow, Buenos Aires province. XXXIII Jornadas Argentinas de Botánica.
- SINSABAUGH, R. L.; REYNOLDS, H.; LONG, T. M. 2000 Rapid assay for amidohydrolase (urease) activity in environmental samples. *Soil Biol Biochem* 32:2095–2097
- STEINBACH, H. S.; ALVAREZ, R. 2006. Cambios en las propiedades físicas de los suelos pampeanos por adopción de siembra directa. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta-Jujuy
- STEMBERG, B. 1999. Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B, Soil and Plant Science 49, 1-24.
- STEINKELLNER, S.; LAMGER, I. 2004 Impact of tillage on the incidence of *Fusarium* spp. in soil. *Plant and Soil*. 67, 13-22.
- SUTTON, D. A.; FOTHERGILL, M. A.; RINALD, M. G. 1998. *A guide to clinically significant fungi*. W. Williams and W. Wilkins, Baltimore, U.S.A.
- TIAN, L.; DELL, E.; SHI, W. 2010. Chemical composition of dissolved organic matter in agroecosystems: Correlation with soil enzyme activity and carbon and nitrogen mineralization. *App. Soil Ecology*. 426-435.
- TURCO, R. F.; KENNEDY, A. C.; JAWSON, M. D. 1994. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J.W. (Ed.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science of Society of America, Special Publication 35, Madison, WI. pp. 73-90.

IMPACTO DE DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVOS SOBRE LA MACRO Y MESOFAUNA DEL SUELO

Ing.Agr. (MSc.) Natalia Carrasco

La fauna edáfica está constituida mayormente por invertebrados. La microfauna es de tamaño pequeño, por lo que solo puede ser vista bajo microscopio. Se alimenta de otros microorganismos y de los desechos del resto de la fauna. La mesofauna es visible al ojo humano, pero de tamaño tan reducido que solo pueden percibirse observando atentamente. Es la encargada de fragmentar físicamente el rastrojo, afectando la estructura del suelo a través de sus excrementos, que luego son ingeridos por las especies de la macrofauna para absorber sus compuestos asimilables. Esta última es la de tamaño mayor, dentro de la cual se encuentran las lombrices y los ciempiés. Poseen el mayor potencial para causar efectos directos sobre las propiedades funcionales del suelo, ya que consumen y redistribuyen los residuos orgánicos en el perfil, lo cual incrementa el área superficial y la disponibilidad de sustrato para los microorganismos (Lavelle et al. 1997). Usualmente ingieren una mezcla de materiales orgánicos y minerales, por lo cual, sus excrementos son comparativamente más largos que los de la mesofauna y contienen una mezcla de materiales parcialmente descompuestos. Son grandes constituyentes de la estructura del suelo ya que además cavan galerías o construyen nidos, afectando la porosidad y el flujo del agua y aire (Lavelle et al., 1997). La densidad, diversidad y actividad poblacional de esta fauna pueden ser afectadas por el sistema de labranza y la secuencia de cultivos, entre otros, ya que se generan cambios en el medio físico, químico y biológico debido a modificaciones en el contenido de agua, temperatura, aireación, y el contacto entre los materiales orgánicos y las partículas minerales del suelo (Bedano; Ruf, 2007). A su vez, cada especie responde de manera diferente, ya que mientras algunos son favorecidos por estos cambios, otros se ven perjudicados o se mantienen invariables (Kladivko, 2001).

Determinación de la fauna edáfica

El aumento de la proporción agrícola dentro de las rotaciones modificó el tradicional esquema mixto agrícola-ganadero de la región. La inclusión de cultivos de cosecha gruesa alternando con los de fina (Forján et al., 2010) y la amplia adopción del sistema de siembra directa, plantearon interrogantes en cuanto a los efectos que se podían producir sobre los organismos que desarrollan su vida en el suelo. En el Ensayo nº3 (12 años de rotaciones en siembra directa), luego de la cosecha de trigo (otoño 2010), se tomaron 20 muestras de suelo de 314 cm² hasta los 20 cm de profundidad, para obtener la fauna edáfica de cada rotación, y los índices ecológicos de Dominancia, Equitatividad y Diversidad (Magurran, 1988).

En la sumatoria de todas las muestras se registró una abundancia total de 967 individuos.

Efecto de las rotaciones sobre la fauna edáfica

En la **rotación agrícola conservacionista** (Tratamiento 1) fueron registradas las mayores poblaciones de ciempiés y milpiés. Específicamente, este último, prefiere habitar sitios poco disturbados, que coinciden con los de esta rotación: baja presión de cultivos, barbechos largos, menor cantidad de labranzas que las otras dos rotaciones agrícolas. La presencia de milpiés es deseable en un sistema, debido a que por ser detritívoros cumplen un papel muy importante en la degradación de rastrojos, en el reciclado de nutrientes y en la incorporación de la materia orgánica en el suelo (Mauriés, 1998; Pruet, 2001).

A su vez, ecológicamente, esta rotación generó una de las poblaciones edáficas más equilibradas (Magurran, 1988), es decir, que fue más equitativa la cantidad de individuos que presentó cada una de las especies, sin una dominancia visible y donde la mayoría de los individuos pertenecieron a unas pocas especies. Así, la Diversidad y Equitatividad, fueron de las más altas (Figura 8-4), caracteres deseables, ya que indican mayor diversidad de especies y mayor grado de similitud en cuanto a número de individuos dentro de cada especie. Este sistema fue el único donde no se encontraron individuos de bicho bolita. Alrededor del 70% de la comunidad encontrada pertenece a los llamados "geófagos" (Figura 8-5), es decir especies cuya actividad tiene un efecto directo sobre las propiedades del suelo.

En la **rotación mixta con pasturas** (Tratamiento 2), en donde luego de la pastura en base a alfalfa se sembró soja, colza/soja, trigo/soja, sorgo, soja y trigo, fueron muy predominantes los enquitreidos, por lo cual el índice de Dominancia resultó ser elevado. Asimismo, en correlación a ello, la Diversidad fue baja lo mismo que la Equitatividad. Es decir, que si bien fue una rotación en donde se muestrearon numerosos individuos (alrededor de 200), más de tres cuartas partes de los mismos fueron enquitreidos, indicando que fue un sistema altamente dominado por una sola especie, que aunque favorece al ciclado de P y la formación del suelo, para un adecuado funcionamiento del sistema, es mejor contar con un equilibrio en el número de individuos de cada especie, para que se genere la sinergia de la unión de efectos de cada una.

A su vez, en este sistema, se observó un bajo número de milpiés, en relación a los otros sistemas, así como un

alto número de colémbolos, cuya función es la de fragmentar los rastros, o consumir microorganismos, dependiendo de la especie a la cual pertenecen los mismos.

En este tratamiento, la proporción de geófagos fue superior al 80% (Figura 8-5).

En la rotación **agrícola con predominancia de cultivos de invierno** (Tratamiento 3), y dobles cultivos de colza o cebada con soja, se detectó un predominio de los enquitreidos por sobre el resto de las especies, y fue la rotación con mayor número de individuos, superando los 300 colectados en el muestreo. Por otro lado, fue destacable que si bien la mayor parte de ellos correspondieron a los enquitreidos, no fue la rotación que presentó el mayor índice de Dominancia, ya que tuvieron gran importancia también los colémbolos. Asimismo, fue la única rotación donde no se hallaron ciempiés, cuya alimentación se basa en la depredación de pequeños insectos. También fueron escasos los ejemplares de milpiés que, como se mencionó, se alimentan de rastrojo, y prefieren sitios poco perturbados. En lo que respecta a los grupos funcionales, alrededor del 80% de los individuos fueron geófagos (Figura 8-5).

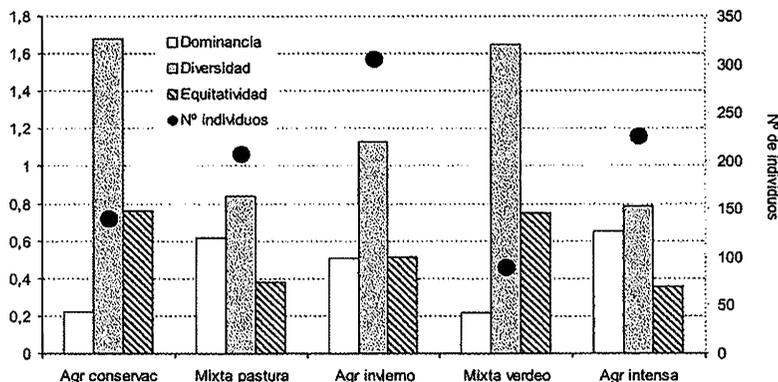


Figura 8-4: Abundancia (Nº de individuos) e Índices ecológicos de Dominancia, Diversidad y Equitatividad.

La segunda **rotación mixta**, basada en **verdeos de invierno** (Tratamiento 4), específicamente de avena vicia, seguida luego por girasol, e intercalando trigo entre años, favoreció el equilibrio dentro de la comunidad edáfica, es decir que fue más homogénea la cantidad de individuos que presentó cada especie, por lo que el índice de Dominancia fue bajo con respecto a las otras rotaciones. A su vez, el índice de Diversidad se vio favorecido en esta secuencia. De todas formas, es importante considerar que fue la rotación que presentó el menor número de individuos, básicamente debido a la baja presencia de enquitreidos. Con todo esto, el grupo funcional de los geófagos no fue tan relevante como en las otras secuencias, sin llegar al 50% de representatividad; aquí fueron importantes los saprófagos, es decir los que fragmentan los rastros, constituidos por especies de colémbolos, milpiés y bichos bolita; así como también los depredadores, representados en este caso por otras especies de colémbolos y ciempiés.

La última rotación de este ensayo, correspondió a una **secuencia agrícola intensa** (Tratamiento 5), con alta proporción de doble cultivo con soja. Este contexto generó un ambiente con predominancia de enquitreidos en la población, lo que derivó en un índice de Dominancia elevado y bajos índices de Diversidad y Equitatividad. El número de individuos colectados fue intermedio (alrededor de 200), y predominó el grupo funcional de los geófagos (principalmente enquitreidos), con alrededor del 80% (Figura 8-5). La proporción restante correspondió casi totalmente a los saprófagos o fragmentadores del rastrojo.

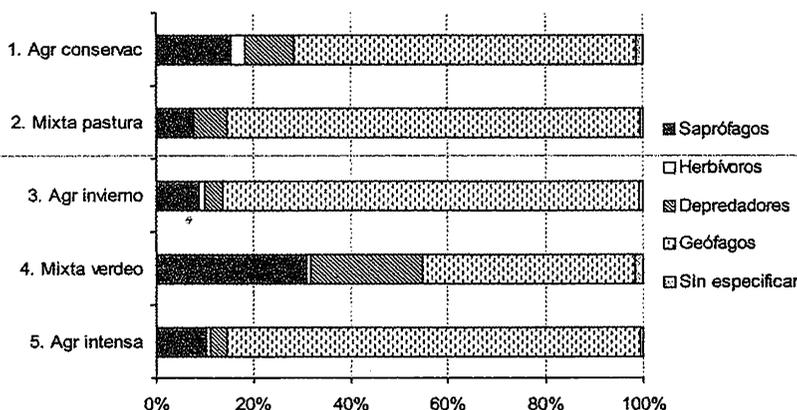


Figura 8-5: Composición porcentual de los diferentes grupos funcionales: saprófagos, herbívoros, depredadores y geófagos para cada rotación.

En líneas generales se observó que la presencia de individuos del grupo funcional de los herbívoros fue escasa, y los pocos individuos colectados fueron caracoles y bichos bolita. Asimismo, el número total de ejemplares obtenidos en las muestras dependió en gran medida de la cantidad de enquitreidos colectados; así observamos que fue

menor la cantidad de individuos muestreados en las secuencias 1 y 4, correspondiendo a las muestras con menor número de enqúitridos.

A su vez, resulta necesario aclarar que en todas las secuencias, el índice de Diversidad presentó el mismo comportamiento que el índice de Equitatividad, debido a que sorpresivamente en todas las secuencias, el número total de especies detectado fue el mismo.

Finalmente, no fueron hallados más de tres ejemplares de coleópteros en ninguna rotación. Hay que tener en cuenta que si bien las larvas de los colémbolos son consideradas plagas del suelo porque consumen las plántulas de los cultivos que se implantan, no sólo se alimentan de raíces sino también pueden ejercer efectos positivos al consumir restos vegetales en superficie, por ejemplo semillas de malezas, realizando así un reciclaje de nutrientes o favoreciendo la aireación y la infiltración de agua en el suelo (Gassen, 2001).

Bibliografía

- BEDANO, J. C.; RUF, A. 2007. Soil predatory mite communities (Acari: Gamasina) in agroecosystems in central Argentina. *Applied Soil Ecology* 36: 22-31.
- FORJAN, H.; MANSO, M. L.; ZAMORA, M.; MOLFESE, E.; ISTILART, C.; SEGHEZZO, M. L. 2010. Rotaciones de cultivos en siembra directa. En: *Carpeta anual de cosecha fina 2010*. CEI Barrow.
- GASSEN, D. N. 2001. Beneficios de escarabeídos en lavouras sob plantio direto. Pp. 159-168 en: -Díaz Rosello R. (coord.). *Siembra directa en el cono sur*. PROCISUR. Montevideo. 450 pp
- JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; ROMBKE, J.; VAN DER PUTTEN, H. (eds). 2010. *European atlas of soil biodiversity*. European comisión, Publications office of the European Union, Louxembourg. 128 pág.
- KLADIVKO, E. J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61 (1): 61-76.
- LAVELLE, P.; BIGNEL, L. D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGE, R. P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. 1997. Soil function in a changing World: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33:159-193.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. Pp. 179.
- MAURIES, J. P. 1998. Diplopoda. En: J. J. Morrone y S. Coscaron (Eds). *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*. Ediciones Sur. Cap. 44. p. 475-484
- PRUETT, C. J.; GUAMAN, I. 2001. Principios de manejo integrado de plagas y biocontrol en siembra directa. En: *Siembra Directa en el cono sur*. Documentos PROCISUR. MCA. p. 121-141
- SAS Institute. 2001. *SAS User's Guide: Statistics Vers. 8*. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.