

El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas



El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas

Editores

Jorge ULLÉ & Beatriz M.DIAZ



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

2018

El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas

Editores: Jorge ULLÉ & Beatriz M.DÍAZ



EDICIÓN ESPECIAL para el VII CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA 2 al 5 de Octubre Guayaquil ECUADOR SOCLA 2018

El suelo como reactor de los procesos de regulación funcional de los agroecosistemas : edición especial para SOCLA en VII Congreso Latinoamericano de Agroecología Guayaquil Ecuador 2018 / Jorge Angel Ulle ... [et al.] ; compilado por Jorge Angel Ulle ; Beatriz María Díaz ; editado por Jorge Angel Ulle ; Beatriz María Díaz ; fotografías de Jorge Angel Ulle ; Beatriz María Díaz ; prólogo de Jorge Angel Ulle ; Beatriz María Díaz. - 1a ed. - San Pedro, Buenos Aires : Ediciones INTA, 2018.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-521-948-9

1. Ecología Agrícola. 2. Agricultura Sustentable. 3. Biodiversidad. I. Ulle, Jorge Angel II. Ulle, Jorge Angel, comp. III. Díaz, Beatriz María, comp. IV. Ulle, Jorge Angel, ed. V. Díaz, Beatriz María, ed. VI. Ulle, Jorge Angel, fot. VII. Díaz, Beatriz María, fot. VIII. Ulle, Jorge Angel, prolog. IX. Díaz, Beatriz María, prolog.
CDD 577.55

© 2018, Ediciones INTA

Libro de edición argentina

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.

CAPÍTULO 5

LA TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL SUELO: REFLEXIONES DESDE LA ECOLOGÍA MICROBIANA



Laura Cecilia
De Luca¹



Ana Ernestina
Salazar Martínez²



Raúl Alberto
Pérez³

1. Centro de Capacitación Integral para la Familia Rural CECAIN – INTA. Ruta 74 km 90,5
2. División Entomología. Museo de La Plata. FCNyM. UNLP. Diagonal del Bosque S/N
3. Instituto de Investigación para la Agricultura Familiar Región Pampeana (IPAF) INTA. Calle Santa Rosa S/N. Villa Elisa

Correo electrónico: deluca.laura@inta.gob.ar

Resumen

Los estudios comparativos acerca de la biodiversidad edáfica y sus interacciones fueron dejados de lado, básicamente, debido a la dificultad para abordar la biodiversidad como un todo, dadas las dispares escalas de medición de sus componentes. Sin embargo sabemos que la biota edáfica interviene y participa ampliamente en los servicios ambientales que brinda el suelo: el ciclado de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la regulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo, la captura de carbono y la reducción de emisiones de CO_2 , N_2O , CH_4 . Estos procesos son realizados principalmente por el grupo funcional de los ingenieros químicos del ecosistema, es decir, las bacterias, hongos, protozoarios y los reguladores biológicos como los ácaros, colémbolos y nematodos. De manera global, esta biodiversidad le da estabilidad al agroecosistema, fomenta el control de plagas, la producción de las plantas y de los animales. Estas interacciones fueron observadas y monitoreadas sobre una parcela agrícola – ganadera en transición agroecológica del sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, durante los años 2011 al 2014, donde se buscó detectar si los cambios que se estaban implementando en el manejo productivo sobre la superficie, en un lote en transición agroecológica, causaban algún impacto medible a nivel de ensamblajes “transformadores de hojarasca” y “transformadores de nutrientes”. Los cambios productivos que se realizaron fueron tanto en cuanto a la disminución drástica de insumos químicos (principalmente herbicidas) como al aumento de biodiversidad cultivada y asociada.

Palabras clave: biota edáfica – grupos funcionales de suelo en transición agroecológica – ensamblajes microbianos en sistemas extensivos – mesofauna – biodiversidad edáfica –

Abstract

Comparative studies on soil biodiversity and their interactions were left aside, basically, due to the difficulty in approaching biodiversity as a whole, given the disparate scales of measurement of its components. However, we know that soil biota intervenes and participates extensively in the environmental services provided by the soil: the cycling of nutrients, the fixation of nitrogen, the regulation of the dynamics of soil organic matter, the capture of carbon and the reduction of CO_2 , N_2O , CH_4 emissions. These processes are carried out mainly by the functional group of the chemical engineers of the ecosystem, that is, bacteria, fungi and protozoa and biological regulators such as mites, collembola and nematodes. In a global way, this biodiversity gives stability to the agroecosystem, promotes the control of pests and the production of plants and animals. These interactions were observed and monitored on an agro - livestock plot in the agroecological transition of the southeast of the Province of Buenos Aires, Argentina, during the years 2011 to 2014, where it was sought to detect if the changes that were being implemented in the productive management on the surface area, in a plot under agroecological transition, caused some measurable impact at the level of “Litter Transformer” and “nutrient transformer” assemblages. The productive changes that were made were both in terms of the drastic reduction of chemical inputs (mainly herbicides) and the increase in cultivated and associated biodiversity.

Keywords: edaphic biota, soil functional groups in an agroecological transition, microbial assemblages in extensive systems, mesofauna, edaphic biodiversity

1. Introducción

La creciente preponderancia de la agricultura en la producción agropecuaria extensiva argentina, ha tenido consecuencias a nivel regional y global. Esta expansión agrícola es un caso particular de los frecuentes cambios producidos en el uso del suelo, o en el tipo de aprovechamiento que realizamos sobre los ecosistemas terrestres (Paruelo et al, 2005). La intensificación agrícola influye sobre el clima, los ciclos del agua, el carbono y el nitrógeno en la biosfera, las emisiones de gases causantes del efecto invernadero y la biodiversidad.

Al mismo tiempo, la pérdida de fertilidad resultante de la intensificación, busca ser reparada a través de una mayor aplicación de paquetes tecnológicos, y por ende una mayor reducción de la biodiversidad del suelo. Este círculo vicioso engendra un problema cuya solución implica un gran reto: ¿es posible, en un agroecosistema productivo, manejar la biodiversidad del suelo para poder incrementar la productividad agrícola en regiones que están siendo degradadas?

El proyecto CIAC 940136 “Fortalecimiento de los ciclos biológicos para reducir el uso de agroquímicos en sistemas extensivos” intentó abordar esta cuestión, apostando a la biodiversidad (funcional y estructural) como estrategia para resolver esta aparente disyuntiva.

Con anclaje en un territorio fuertemente intervenido desde las prácticas agrícolas (**Fig. 1**), tomada de “Informe de la Defensoría del Pueblo, 2014), el área de muestreo se establece en la Estación Experimental Agropecuaria Integrada de Barrow, en el Partido de Tres Arroyos, en un lote productivo mixto, agrícola-ganadero desde hace más de 50 años.

La mayor parte de la agricultura de esta región

se sustenta en cultivos extensivos tradicionales como trigo, cebada, soja, girasol y maíz que se desarrollan en ambientes con diferentes potencialidades edafoclimáticas (CIAC 940136, 2014). En los

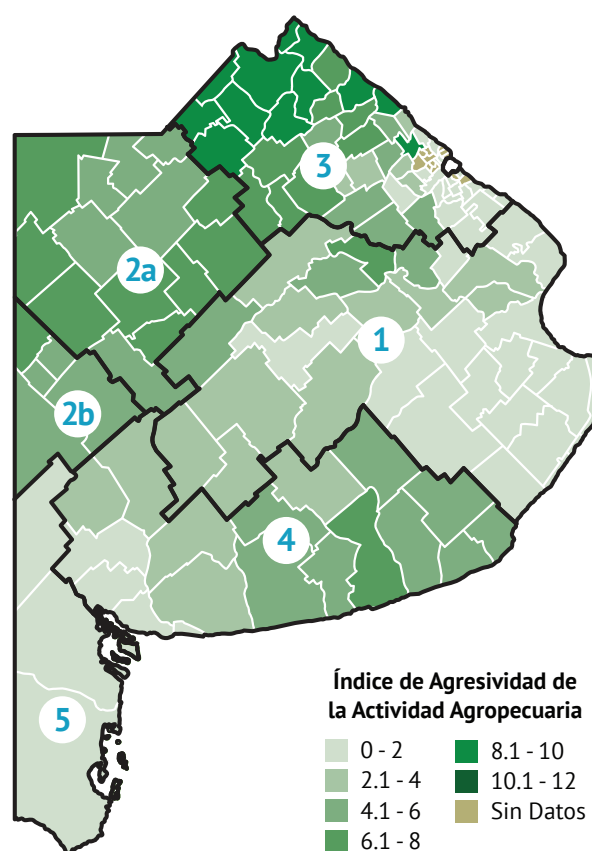


Figura 1: Índice de agresividad de la actividad agropecuaria.

Fuente: Informe del Defensor del Pueblo de la Pcia de Buenos Aires. Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la provincia de Buenos Aires. Nov. 2014

últimos años, la conciencia creciente sobre el impacto de la agricultura moderna, ha dado origen a replanteos. Un enfoque holístico de los agroecosistemas conduciría a un mayor conocimiento de la sustentabilidad, mejorando la evaluación y manejo de los sistemas. La Agroecología se presenta como una alternativa que provee herramientas y marcos conceptuales diferentes a los propuestos actualmente para el diagnóstico de los agroecosistemas. Desde esta concepción se integran los procesos geológicos, físico-químicos y biológicos a través de flujo de energía, ciclos del agua y de los nutrientes, el aumento de eficiencia en la utilización de los recursos localmente disponibles y el fortalecimiento de los ciclos internos de cada sistema que contribuirían a restablecer la “salud” o “bienestar” del sistema edáfico minimizando los costos de utilización del paquete tecnológico (De Luca et al., 2015).

Al realizar una evaluación biológica de la salud de los suelos, no resulta ni práctico ni coherente tomar en cuenta todos los organismos presentes, (Lawton et al., 1998), la biota deberá ser evaluada por su contribución relativa a los procesos del ecosistema y por su influencia directa con la salud del suelo (Bautista Cruz, et al. 2004). Dado que la identificación individual de los organismos del suelo, no resulta apropiada ni siquiera posible en algunos casos, este trabajo se centra en la determinación de **grupos funcionales** de suelo, de acuerdo a procesos estructurantes considerados claves por diferentes investigadores (Kibblewhite et al., 2008; Hernández Flores et al, 2013), los cuales integrarán **ensambles funcionales**, a saber:

I - Descomponedores de materia orgánica o transformadores de hojarasca: proceso que ocurre principalmente por actividad enzimática de bacterias y hongos, junto con meso y macro fauna como ácaros, milpiés, lombrices de tierra y termitas, los cuales trituran los residuos de plantas y animales, y dispersan los propágulos microbianos. Juntos, los microorganismos y la fauna involucrada se llaman “descomponedores”, aunque el atributo “transformadores de hojarasca” es el más utilizado hoy en

día para describirlos (Swift et al., 2012). Como resultado de la descomposición, el carbono orgánico es liberado en la atmósfera, principalmente como CO_2 o CH_4 , pero también es incorporado en diferentes reservorios en forma de materia orgánica (MOS), la cual es variable en su estabilidad y longevidad, aunque en un tipo de suelo y ambiente determinados existe un equilibrio entre el contenido del MOS, las entradas y salidas de carbono en el sistema y la actividad microbiana (Anderson, 2003).

II.- Transformadores de nutrientes: estrechamente asociado con la descomposición orgánica. Aquí también los microorganismos son mediadores de la mayor parte de las transformaciones; sin embargo, el proceso se determina mediante la acción de micropredadores, tales como colémbolos y ácaros. Animales más grandes mejoran algunos procesos porque proveen nichos para un crecimiento microbiano dentro de sus intestinos o excremento. Microorganismos específicos del suelo también incrementan la cantidad y eficiencia de absorción de nutrientes por la vegetación, mediante la formación de asociaciones simbióticas como las micorrizas y la fijación de N_2 en nódulos de raíces. El ciclo de nutrientes, por la biota del suelo, es esencial para todo tipo de agricultura, sin embargo, estos grupos son afectados indirectamente por factores como el contenido de agua, estabilidad del suelo, porosidad y contenido de carbono, lo que controla el primer ensamble mencionado en este apartado.

III Bioturbadores: Las raíces de plantas con su diferentes arquitecturas, lombrices de tierra, termitas, hormigas y algunos otros individuos de la macrofauna del suelo, se mantienen físicamente activos dentro del suelo formando canales, poros, agregados y montículos, y moviendo partículas de un horizonte a otro. Estos procesos de “bioturbación” influyen y determinan la estructura física del suelo y la distribución de materia orgánica del suelo. Así, crean y modifican micro hábitats para otros organismos más pequeños y determinan propiedades del suelo como aireación, drenaje, estabilidad

de agregados y capacidad de retención de agua. A este conjunto de organismos, por lo tanto, se le ha denominado “ingenieros del ecosistema del suelo” (Lavelle et al., 2006).

Metodología de estudio de la biodiversidad bajo suelo: acuerdos generales para el enfoque holístico

No existe aún una metodología que permita la identificación de todas las especies en el suelo, ni siquiera centrándonos en un momento o proceso en particular. Dado que en muchos *Fila*, la mayoría de las especies aún son desconocidas, los estudios de ADN solo consiguen, en parte, explorar y dimensionar este universo. En la biota del suelo, el concepto de especies también es muy variable; por ejemplo, entre bacterias, hongos e invertebrados. Los estudios acerca de la diversidad microbiana (micro-diversidad) fueron relegado a lo largo del tiempo debido a dificultades importantes para la determinación taxonómica microbiana: a) la escasez de variabilidad morfológica; b) las variadas necesidades nutricionales; c) la enorme cantidad de microorganismos; y d) las limitaciones para el aislamiento y cultivo, lo que limita el análisis a nivel de ecosistema. (Abril et al, 2013).

En el diseño de trabajos a campo, uno de los principales desafíos resulta en seleccionar un subgrupo de la biota del suelo que incluya la mayor parte de los grupos funcionales considerados como importantes; la “importancia funcional” de cualquier especie o de grupos de especies, probablemente se relaciona con su abundancia relativa y con la biomasa; no obstante, también es importante buscar dentro de los grupos funcionales para descubrir los taxa que alcancen el criterio de ser considerados como especies clave (Davic, 2003) o grupo funcional relevante (Frioni, 2011). Los métodos empleados para la extracción de diferentes grupos de organismos del suelo también son muy diferentes de un grupo a otro. Estos factores, aunados a la inmensa escala de diversidad encontrada

en el suelo, requieren de un enfoque sistémico, utilizando el concepto de **grupo funcional clave**, de los cuales se espera que aquellos que estén integrados por pocas especies y/o especies altamente especializadas, sean los más vulnerables ante las situaciones de perturbación que se pretende visualizar en el caso de estudio. (Moreira et al, 2012).

Otra variable a considerar es que los procesos de disturbio o recuperación que quieren visualizarse, indirectamente, mediante el efecto que producen en la biodiversidad edáfica, también se manifiesten en diferentes escalas espaciales y temporales (por ejemplo, los nitrificadores utilizan una fuente de carbono inorgánico (CO_2), y una fuente de nitrógeno y energía que surge de transformar el NO_2 en NO_3 , fuente nitrogenada esencial para el accionar de la celulólisis, que libera CO_2 y otros productos intermedios; ambos procesos están interrelacionados aunque temporalmente pueden no ser simultáneos).

En el caso particular en estudio, la escala temporal se desarrolló entre los años 2011 al 2014, donde se buscó detectar si los cambios que se estaban implementando en el manejo productivo sobre la superficie, en un lote en transición agroecológica, causaban algún impacto medible a nivel de ensamblajes “transformadores de hojarasca” y “transformadores de nutrientes”. Los cambios productivos que se realizaron fueron tanto en cuanto a la disminución drástica de insumos químicos (principalmente herbicidas) como al aumento de biodiversidad cultivada y asociada (Altieri & Nichols, 2007; Carrasco et al., 2015)

Se comenzó el estudio con cuatro grupos funcionales microbianos básicos, de acuerdo a la metodología propuesta por Frioni (1999): **Celulolíticos** pertenecientes al ensamblaje transformadores de hojarasca, con funciones en transformación de carbono orgánico, ciclado de nutrientes, mantenimiento de estructura de suelo, regulación de la población biológica; los grupos funcionales **nitrificadores** y los **nitrificadores**, pertenecientes al ensamblaje funcional ciclado de nutrientes, con funciones en mantenimiento de la estructura de suelo y regulación de la población biológica. Los **fijadores libres**

de N, pertenecientes al ensamblaje “transformadores de nutrientes”, con funciones en mantenimiento de estructura de suelo y transformación del nitrógeno atmosférico en nitrógeno orgánico.

Con posterioridad al tercer muestreo, se incorporó a los **actinomicetos** de vida libre ya que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno y en el ciclado de celulosa y lignina, además de inhibir el crecimiento bacteriano gracias a la producción de antibióticos. Pertenecen al ensamblaje “transformadores de nutrientes” y “degradadores de hojarasca”, además de mostrar una interesante sensibilidad a la aplicación de agroquímicos, motivo por el cual se decidió su incorporación al estudio, de acuerdo a la metodología empleada por Chaves-Bedoya, G. et al., (2013). Se determinaron también “**grupos clave de mesofauna**”, los cuales se encuentran en todo tipo de suelo y su abundancia y composición específica presentan variaciones en relación con el ambiente que ocupan (Behan-Pelletier, 1999). Los ácaros oribátidos (Arachnida) y los colémbolos (Hexapoda) fueron los grupos seleccionados por ser los que mostraron cierta tendencia a contribuir con los ensamblajes “micro-mesofauna” en otros trabajos realizados por los autores (Salazar Martínez y De Luca 2015); a su vez son representantes de los ensambles “cicladores de nutrientes” y “degradadores de la materia orgánica”. La mesofauna fue extraída de las muestras de suelo con embudos de Berlese durante 10 días y determinada bajo lupa.

Los ensambles propuestos, sus funciones y beneficios que aportan al agroecosistema, pueden visualizarse en la **Tabla 1** adaptada en base a este trabajo, de la propuesta por Kibblewhite et al. (2008).

Dada la escala temporal de cuatro años (2011-2014) considerada para este trabajo, se analiza la información de acuerdo a ciclos estacionales otoño – invierno – primavera (OIP); primavera-verano-otoño (PVO) para los dos sectores bajo estudio pertenecientes a la Chacra Integrada Barrow Ministerio de Asuntos Agrarios MAA– INTA. Ambos lotes, con idéntica historia productiva, comenzaron a ser manejados bajo dos concepciones productivas contrastantes: agroecológico (AE) y convencional o ac-

tual (CONV). Los muestreos de suelo (m) fueron realizados durante 4 años consecutivos, agrupándose en m1, m2 y m3 los que corresponden al primer ciclo estacional PVO, m4, m5 y m6 al ciclo estacional OIP, mientras que los muestreos m7, m8 y m9, al último ciclo estacional PVO considerado en este análisis, que puede visualizarse en la **Tabla 2**, junto con la información del estado hídrico y aumento de las temperaturas medias históricas.

Los muestreos de suelo se realizaron sobre transectas equidistantes a 8 m, con barreno de 10 cm de profundidad, de acuerdo a puntos fijos que se mantuvieron a lo largo del estudio, como puede observarse en la **Fig.2**.

El ambiente edáfico: lo que sucede en la superficie, y debajo de ella

En los primeros análisis realizados, los resultados no parecían ser auspiciosos: los cambios propuestos en el manejo del lote en transición, no se reflejaban en el subsistema edáfico, al menos, cuando considerábamos los resultados en una escala de tiempo limitada al año. Sin embargo, el análisis de componentes principales (ACP) donde se interrelaciona la información por ciclos estacionales (PVO u OIP), nos muestra cómo el sector en transición agroecológica posee y mantiene la presencia de ensambles similares a los propuestos en la **Tabla 2** como “transformadores de hojarasca” (**Fig.3**), mientras que en el sector convencional no se visualiza este hecho; sí en cambio podemos visualizar un pequeño y simplificado ensamble de nitrificadores y nitrificadores, cuya presencia podría estar determinada por la fertilización nitrogenada incorporada (**Fig.4**). Puede apreciarse en las **Fig 5 y 6**, correspondiente al ciclo OIP para los lotes en comparación AE y CONV, respectivamente, se mantiene presente el ensamble de “transformadores de hojarasca”, agregándose otro de “transformadores de nutrientes”, mientras que en el sector convencional podría considerarse la formación “incipiente” de dos ensambles, con escasos componentes. Cabe considerar que

continuando con el análisis de los ensambles, para el tercer y el último ciclo estacional, PVO, correspondiente a las toma de muestra m7, m8 y m9, los ensambles mantienen su estructura y diversidad en el sector AE (**Fig.7**) mientras que parece consolidarse un ensamble en el sector convencional casi a finales del estudio, en el m8 (**Fig.8**).

Como mencionamos al inicio de este apartado, con una importante historia de laboreos con-

tinuos, el lote bajo observación parecía resultar poco sensible al momento de iniciar una transición hacia la agroecología, o al menos, si pretendíamos medir sus avances con los indicadores biológicos propuestos. *¿Fue equivocado el análisis por “ensambles de micro-meso fauna”? ¿Es inadecuada la escala de tiempo? ¿Ocurría algo particular con este sistema edafo-climático?* Comparando estos resultados con otros obtenidos en un monitoreo similar (en base

Tabla 1

Agroecosistema ofrece	Procesos basados en el suelo	Funciones del ecosistema edáfico	Ensamblaje funcional
Obtención de alimentos y fibra	Captura y ciclaje de nutrientes Descomposición de la MO adicionada Dinámica de la MOS Estructurar el suelo Regular las poblaciones edáficas	1 Transformaciones del C 2 Ciclaje de nutrientes	Descomponedores: Hongos Bacterias Microherbívoros Detritívoros Transformadores de nutrientes: Descomponedores Transformadores de elementos Fijadores de N2 Micorrizas
Oferta no agrícola	Procesos basados en el suelo		
Suministro de agua	Mantenimiento de la estructura del suelo Ciclaje de nutrientes		
Control de erosión	Mantenimiento de la estructura del suelo	3 Mantenimiento de estructura del suelo	Ingenieros del agroecosistema: Megafauna Macrofauna Hongos Bacterias
Regulación de la composición atmosférica y del clima	Dinámica de la MOS Descomposición de la MO adicionada		
Degradación de sustancias contaminantes	Descomposición Ciclaje de nutrientes	4 Regulación de la población biológica	Biocontroladores: Predadores Microherbívoros Hiperparásitos
Control de enfermedades y plagas	Regulación de población Efecto supresivo de suelo		
Reservorio de biodiversidad	Provisión de hábitat Regulación de población		

Tabla 2

Fechas de Toma de muestra, denominación de las mismas estado hídrico, situación del cultivo, en sector Agroecológico (AE) y convencional (CONV)

Ciclo	Fecha	Denominación del muestreo	Estado hídrico zonal	Situación del cultivo
P	Agosto 2011	m1	Falta de precipitaciones. Temperatura 3° C por encima de la media histórica	AE = Avena vicia en pastoreo
				CONV= barbecho químico de avena
V	Noviembre 2011	m2	Falta de lluvias. Temperaturas medias coincidentes con media histórica	AE = Sorgo y Soja (como cultivo acompañante)
				CONV = Soja
O	Febrero 2012	m3	Sequía. Temperaturas 4 °C por encima de la media histórica	AE = Sorgo soja en pastoreo
				CONV= cultivo perdido por sequía
O	Mayo 2012	m4	Lluvias. Temperaturas 3° por arriba de la media histórica	AE = rastrojos de sorgo – soja
				CONV = barbecho químico de soja
I	Agosto 2012	m5	Inundaciones críticas. Temperatura 2° por encima de la media histórica	AE = Trigo multivarietal con Trebol Rojo
				CONV = trigo
P	Febrero 2012	m6	Buena cantidad de agua en el perfil. Temperaturas por 2°C por encima de la media histórica	AE= Rastrojo de trigo Siembra Avena Vicia
				CONV =soja de segunda
P	Agosto 2013	m7	Comienza período de déficit hídrico. Temperatura 1 °C por debajo de la media histórica	AE = Avena Vicia en pastoreo
				CONV = barbecho químico
V	Noviembre 2013	m8	Acción desecante de vientos. Temperaturas 2°C por encima de la media histórica	AE = sorgo granífero/ trébol
				CONV = soja
O	Febrero 2014	m9	Lluvias abundantes. Temperaturas coincidentes con media histórica	AE = Maíz y sorgo Granífero
				CONV= soja

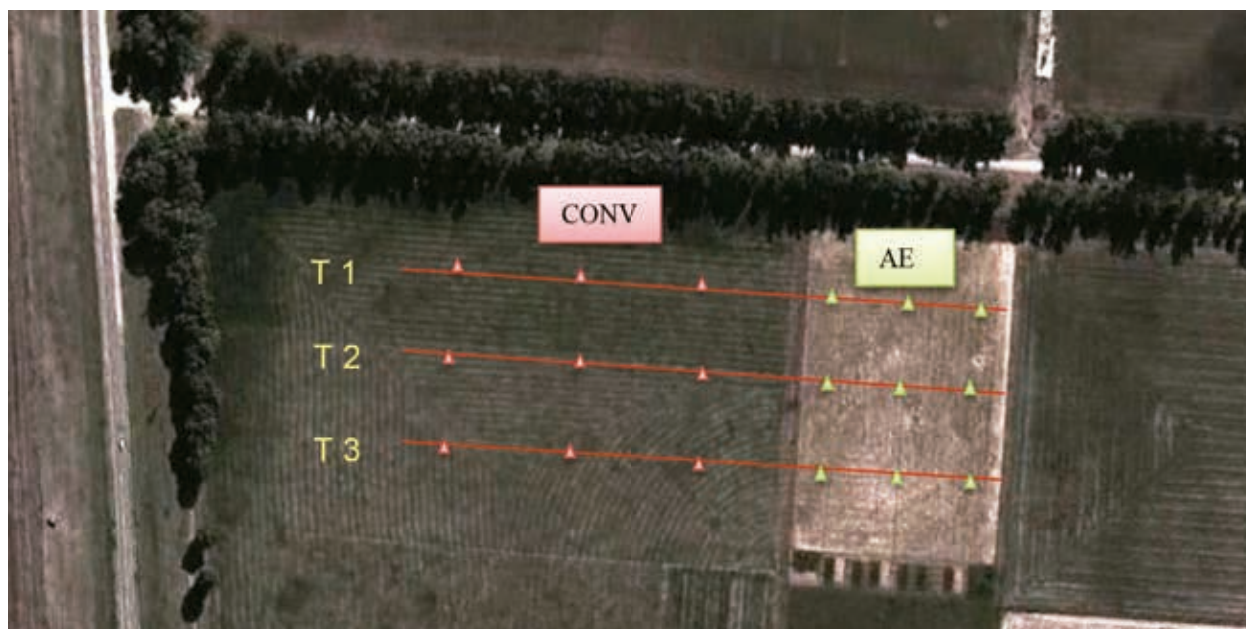


Figura 2: Módulo en transición agroecológica (AE) y sector convencional (CONV), transectas y puntos de toma de muestra utilizados a lo largo del estudio 2011-2014. Chacra Integrada Barrow MAA – INTA.

a ensambles de “micro-mesofauna”) realizado contemporáneamente sobre otro agroecosistema en transición, pero hacia el norte de la región pampeana; allí se encontró que los mismos ensambles “degradadores de hojarasca” y “transformadores de nutrientes” reflejaban rápidamente los cambios en las prácticas propuestas para la transición agroecológica. (Pérez et al, 2015). Surge la idea entonces de relacionar no solo los ensambles con las prácticas (agroecológica o convencional), sino también con las condiciones climáticas, como cantidad de precipitaciones en el ciclo climático analizado (dado que el lote no posee otro suministro de agua) y las temperaturas medias registradas. Parecería existir, para el sector AE del lote bajo estudio, una sensible estabilidad en cuanto a presencia y cantidad de integrantes, de los ensambles “transformadores de hojarasca” y “transformadores de nutrientes”, atributos que se mantienen a pesar de las cuestiones climáticas sucedidas en la zona, principalmente sequías y presencia de vientos desecantes en un suelo de escasa profundidad como el que corresponde al lote de este ensayo.

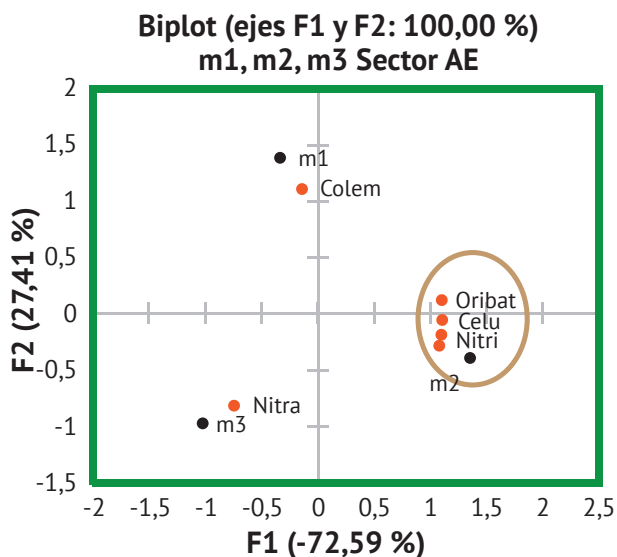


Figura 3: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m1, m2 y m3 en el sector AE. Se resalta el primer ensamble detectado

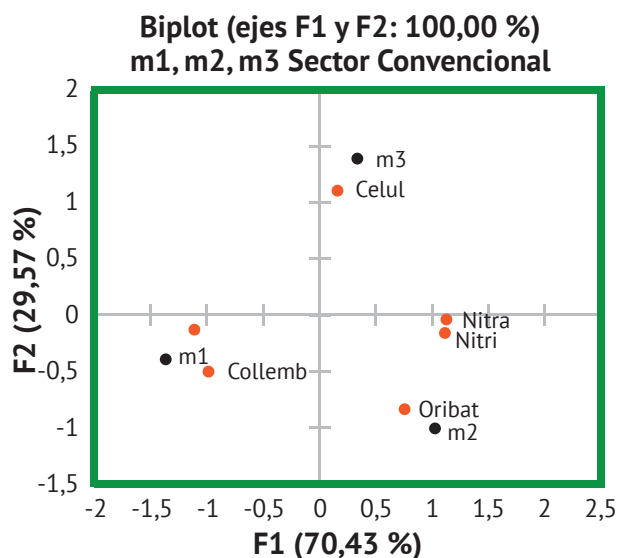


Figura 4: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m1, m2 y m3 en el sector CONV. No se resaltan ensambles

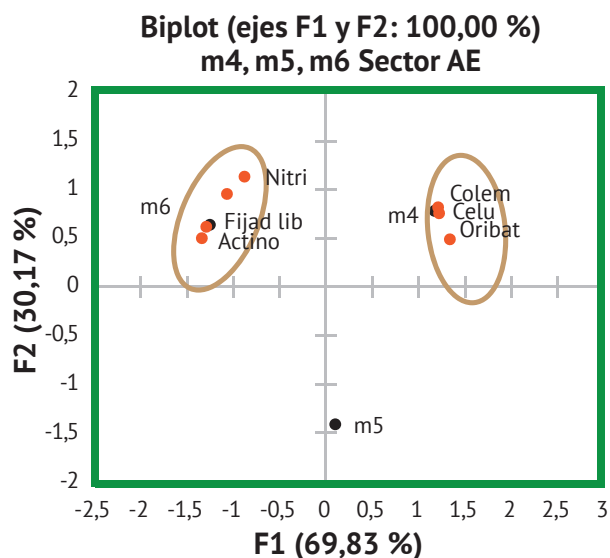


Figura 5: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m4, m5 y m6 en el sector AE. Se resaltan dos conjuntos o ensambles

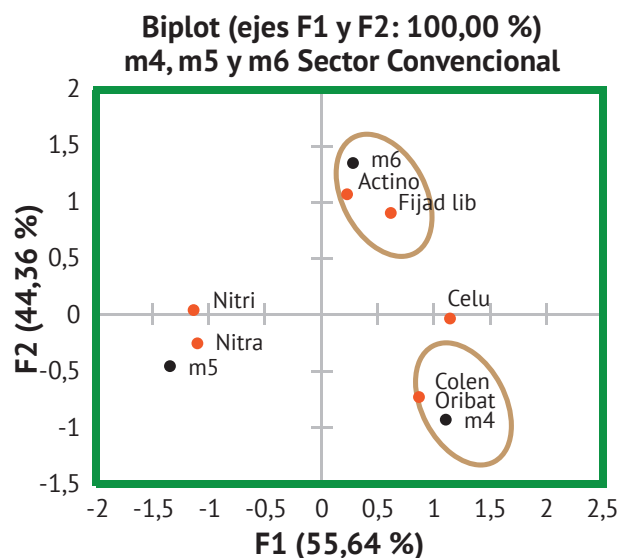


Figura 6: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m4, m5 y m6 en el sector CONV. Se resaltan dos conjuntos o ensambles incipientes

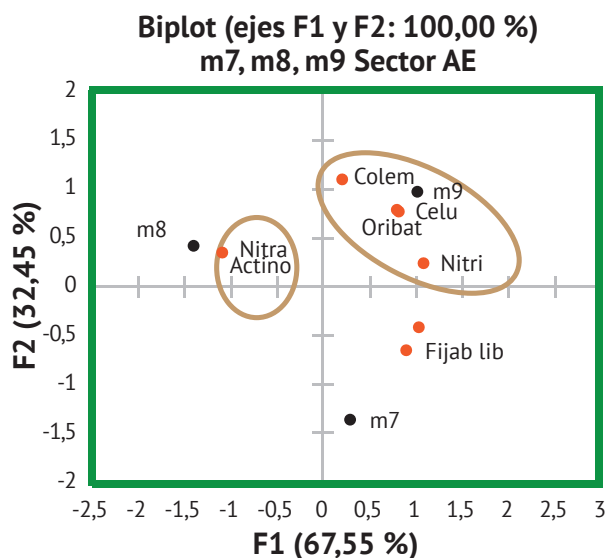


Figura 7: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m7, m8 y m9 en el sector AE. Se resaltan dos ensambles

Esto nos permite confirmar, en cierta medida que la propuesta de manejo agroecológico beneficia el mantenimiento de los ensamblajes bajo estudio a lo largo de los ciclos estacionales, a diferencia de lo que ocurre con el sector convencional. Cabe remarcar la importancia de mantener ensamblajes como el de “descomponedores de hojarasca” en un equilibrio activo y alcanzando una cierta independencia con respecto a las inclemencias climáticas. Uno de sus principales beneficios, de acuerdo a lo expresado en la Tabla 2, puede visualizarse también en el aumento de la porosidad producido en el lote agroecológico, medido con penetrómetro de campo y detectado incluso durante el primer ciclo estacional de análisis, durante el m3; como puede observarse en la Fig.9, la falta de porosidad se registra como un mayor esfuerzo medido en Kilo Pascales (KPa) en el penetrómetro. El sector agroecológico, contaba en ese momento con diferentes coberturas en diferentes estados de pastoreo,

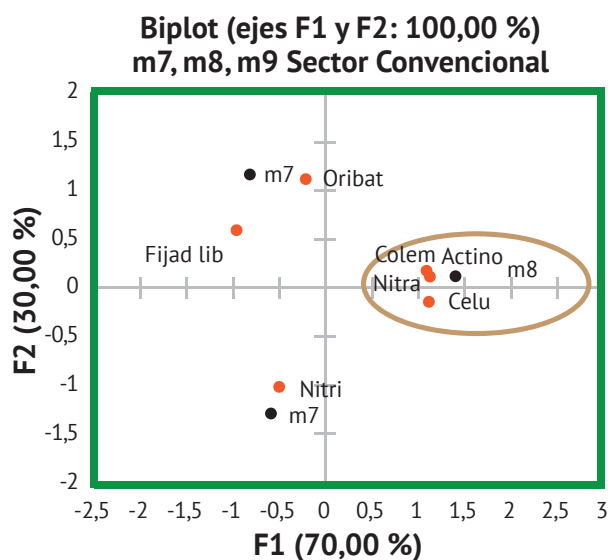


Figura 8: Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado sobre muestra completa 0 – 10 cm de profundidad para los muestreos m7, m8 y m9 en el sector CONV. Se resalta un ensamble

mientras que el lote convencional se encontraba con monocultivo de soja.

La inclusión de leguminosas en todos los ciclos (como cobertura o como acompañante), resultó una estrategia efectiva para comenzar a gestar un sistema independiente de químicos de síntesis, principalmente urea. Esta estrategia, tiene su efecto también sobre el ensamble “transformadores de nutrientes”, tanto para los grupos funcionales nitrificadores, y nitrificadores como para el de fijadores libres. Los nitrificadores y nitrificadores se ven estimulados por la presencia constante de nitrógeno orgánico aportado en los detritos de leguminosa, a diferencia de los que ocurre en el sector convencional, donde el ciclo del nitrógeno se simplifica con el

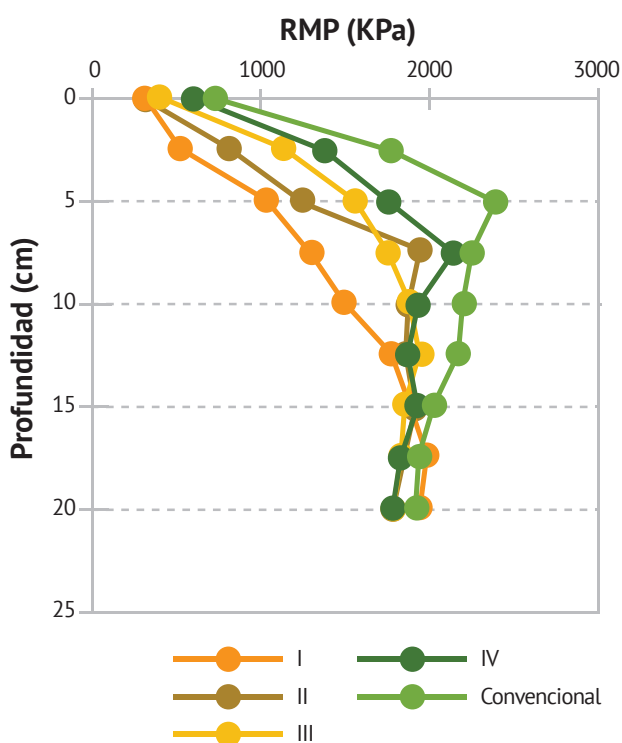


Figura 9: Gráfico elaborado por el Ing. Agr. Martín Zamora en base a los datos de penetrometría tomados a campo, siendo I, II, III y IV diferentes coberturas sobre el Módulo Agroecológico; y CONV situación sobre el monocultivo convencional.

agregado de fertilizantes de síntesis, minimizando la presencia de éstos y otros integrantes de este ciclo al existir la presencia directa de los productos finales (nitrito o nitrato) en la solución del suelo. Por otro lado, los fijadores libres de nitrógeno, si bien no requieren la presencia de una planta leguminosa para sobrevivir, se ven beneficiados igualmente por la presencia de productos exudados de las raíces de estas plantas, encontrando un medio energéticamente menos costoso para sobrevivir.

CONCLUSIONES

Quienes trabajamos en estrategias para la transición agroecológica de los agro-ecosistemas, frecuentemente somos interrogados acerca de “cuanto tiempo” lleva la transición y “que pasos seguir” para alcanzarla. Si algo dejó en claro este proyecto desarrollado sobre el módulo agroecológico de la CI Barrow (MAA – INTA), fue la idea cierta que el pro-

ceso de transición será más “costoso” (en términos de tiempo y diversidad de estrategias) cuanto más vulnerable sea el agro-ecosistema sobre el cual se trabaja. La vulnerabilidad proviene no solo de condiciones climáticas y edáficas sino al uso e intensidad que se le ha dado a ese agro-ecosistema. **(Foto 1)**

Los componentes biológicos del suelo, poseen diferentes mecanismos y tiempos de respuesta a lo que está sucediendo sobre la superficie: en algunos sistemas estarán más “castigados” que en otros y esto influirá en que se pueda visualizar su reacción en el mediano o largo plazo. Esta reacción puede ser monitoreada de acuerdo a “ensambles edáficos funcionales” integrados por grupos mixtos tanto de micro como de meso fauna, lo que nos permite considerar los beneficios eco-sistémicos aportados, más allá de su presencia y recuentos realizados utilizando las más variadas metodologías, todas discutidas y todas válidas.

Foto 1



AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a los compañeros que compartieron estos años de estudios Martín Zamora, Natalia Carrasco, Eduardo Cerdá y Leandro Pusineri. Al Director de la Chacra Integrada Barrow, Ing Agr Bertucci y a todo el personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril A., L. Noe, C. Merlo and C. Vázquez. 2013. "Do the diversity criteria of conventional ecology apply to microbial ecology?" *Recent Res. Devel. Ecol.*, 4(2013): 19-30
- Altieri Miguel & Clara Nichols 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas ED Perspectivas agroecológicas, Serie2 Ecología, ISBN: 978-84-7426-764. Año Publicación: 2007 248pp.
- Anderson Traute-Heidi. 2003. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality *Agric. Ecosystem & Envirom.* (2003) 98: 285 – 293.
- Bautista Cruz A., J. Etchevers Barra, R.F. del Castillo, C. Gutiérrez, 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13 (2): 90-97. Mayo 2004. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=149>
- Behan-Pelletier, V.M. 1999. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: rol for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 411 – 423.
- Carrasco N., Zamora M., Cerdá E., Pusineri L., Barbera A., De Luca L., Perez R. 2015. Agroecología en cultivos extensivos en el centro sur Bonaerense: Manejo a campo y servicios ecosistémicos. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Universidad Nacional de La Plata. <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/>
- CIAC.INTA AUDEAS Proyecto 940136 Informe de Avance año 2014.
- Chaves-Bedoya, Giovanni, Ortiz-Moreno, Martha Lucia, & Ortiz-Rojas, Luz Yineth. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72. Retrieved http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122013000100010&lng=en&tlng=es, June 02, 2014
- Davic, R. D. 2003. 'Linking keystone species and functional groups: A new operational definition of the keystone species concept', *Conservation Ecology*, vol 7, 1:11-21
- De Luca L., Zamora M., Carrasco N., Pusineri L., Cerdá E, Pérez, R. 2015 Proceso de formación de un módulo demostrativo agroecológico extensivo. *Actas del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Universidad Nacional de La Plata. <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/>
- Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires, Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires, 2014. Mapa de situación e incidencia sobre la salud. En: https://www.agro.unlp.edu.ar/sites/default/files/paginas/informe_agroquimicos_comprimido.pdf ingreso Febrero 2016
- Frioni Lillian. 1999. *Procesos Microbianos*. Ed. Fundación de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Primera Edición. 334p
- Frioni Lillian, 2011. *Microbiología básica, ambiental y agrícola*. Ed Orientación Gráfica. Primera Edición. 744 pp
- Hernandez Flores, L., A. Munive Hernández; E. Sandoval Castro, D. Martínez Carrera; M.C. Villegas Hernández. 2013. Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2013, 353-365.

- Kibblewhite, M. G., Ritz, K. y Swift, M. J. 2008. Soil health in agricultural systems, Philosophical Transactions of the Royal Society Series B, vol 363: 685–701.
- Lavelle, P., Decaëns, T. Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. y Rossi, J-P. (2006) 'Soil invertebrates and ecosystems services', European Journal of Soil Biology, vol 42, pp. S3–S15.
- Moreira, F., E. J. Huising y D. E. Bignell. 2012. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, México, Primera Edición. 337 pp.
- Paruelo J. M., Guerschman J. P. y Verón S. R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Revista Ciencia Hoy, Vol 15 N ° 87: 14-23.
- Pérez, Raúl A; M. Pérez; A. Lavarello Herbin; V. Pagani ; D. Mangold ; M. Galetto Manejo ecológico de *Cynodon dactylon* mediante verdeos consociados. 2015. Un proceso de investigación acción participativa en el sur de Santa Fe. Rev. Fac. Agron. La Plata (2015) Vol 114 (Núm. Esp.1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio: 38-44
- Salazar Martínez, A; De Luca, L. 2015. Micro y Mesobiota en suelos con manejo agroecológico y convencional. Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Universidad Nacional de La Plata. Archivo Digital: : <http://memoriasocla.agro.unlp.edu.ar/> ingreso 7 de mayo 2016.
- Swift Mike J., David E. Bignell, Fátima M. S. Moreira y E. Jeroen Huising 2012 "Inventario de la biodiversidad biológica del suelo: concepto y guía general" en Moreira, F., E. J. Huising y D. E. Bignell. 2012. *Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo*. Instituto Nacional de Ecología, México, 337 pp., México.