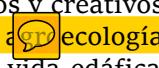


Holobionte: un concepto moderno para la reconstrucción de la relación suelo-comunidades agrícolas

Holobiont: a modern concept for the reconstruction of the relationships between the soil and the agricultural communities

Perozzi, Milva^{1,4}, Benedetto, Victoria^{2,4}, Fernández Di Pardo, Agustina^{1,3,4}, y Gil Cardeza, María Lourdes^{1,3,4,5}

RESUMEN: Es posible comprender al suelo como uno de los bienes comunes, como la matriz o red de vida, madre de los procesos productivos, reproductivos y creativos que proveen los medios para alimentarnos, educarnos y transportarnos. La  ecología entiende la importancia de los suelos en el ciclo de la vida y promueve la vida edáfica, a la vez que contempla el bienestar de la sociedad. Plantea que el mundo natural y el mundo social coevolucionan, dando como resultado una amplitud y diversidad de agroecosistemas adaptados a las particularidades de cada lugar. En el presente artículo, hacemos en primer lugar una breve revisión de las evidencias existentes de la degradación de los suelos pampeanos. Luego retomamos desde la **agroecología** el concepto de Holobionte propuesto por la bióloga evolutiva Lynn Margulis (1938-2011) en 1990, con el objetivo de acercar un marco teórico que ayude a pensar y a reconstruir a la comunidad agrícola pampeana y su vínculo con el suelo. Esperamos que el concepto de Holobionte y la revalorización de la simbiosis como fuerza evolutiva colaboren en la construcción de estrategias colectivas, como la **agroecología**. Es innegable la necesidad de reconstruir la noción de suelo/sociedad desde un lugar de convivencia. Las soluciones a esta problemática que no consideren los diferentes intereses y actores que determinan el acceso a suelos fértils no serán sostenibles y, por lo tanto, seguirán profundizando los procesos de degradación del suelo.

PALABRAS CLAVE: Suelo. Degradación. Agroecología. Holobionte. Simbiosis.

¹ Grupo de Estudios Agrarios, Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR) - CONICET/UNR.

² Módulo Agroecológico, Estación Experimental Agrícola de Oliveros, INTA.

³ Cátedra de Biología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.

⁴ Cátedra Libre Agroecología, Facultad Ciencias Agrarias, UNR.

⁵ Correo de contacto: lourgilardeza@gmail.com

ABSTRACT: Soil can be understood as one of the common goods, as the matrix or network of life, mother of the productive, reproductive and creative processes that provide the means to feed, educate and transport us. Agroecology understands the importance of soils in the life cycle and promotes edaphic life, while also contemplating the well-being of society. It proposes that the natural world and the social world co-evolve, resulting in a breadth and diversity of agroecosystems adapted to the particularities of each place. In this article we first briefly revise the evidence that demonstrate that Argentinean pampa's soil is being degraded. Secondly, we return from the agroecological theoretical framework to the concept of Holobiont, proposed by the evolutionary biologist Lynn Margulis (1938-2011) in 1990, with the aim of approaching a theoretical concept that helps to think and rebuild the Pampean agricultural community and its link with soil. We hope that the concept of Holobiont and the revaluation of symbiosis as an evolutionary force will collaborate in the construction of collective strategies, such as **agroecology**. The need to reconstruct the notion of soil / society relationship from a place of coexistence is undeniable. Solutions to soil degradation that do not consider the different interests and actors that determine the access to fertile soils will not be sustainable and therefore will continue to deepen their degradation.

KEY WORDS: Soil. Degradation. Agroecology. Holobiont. Symbiosis.

Introducción

El suelo es un bien común del cual depende la vida del planeta. Su calidad y biodiversidad influye fuertemente en la sostenibilidad de los ecosistemas, incluidos los agroecosistemas. El suelo brinda a la humanidad alimento, fibra, fármacos, combustibles y materiales de construcción. Sin la existencia de suelos productivos, la supervivencia de muchas especies, incluida la especie humana, estarían en riesgo (FAO, 2014). Asimismo, el suelo capta y almacena agua, que es utilizada por los cultivos; a su vez, estos cubren el suelo, reducen la superficie de evaporación y maximizan la eficiencia de uso. Desde un punto de vista físico-químico, un suelo sano contiene una gran cantidad de materia orgánica (MO) y tiene la capacidad de almacenar grandes volúmenes de agua.

El suelo es también el hábitat de una magnífica diversidad de organismos que cumplen roles fundamentales en muchos procesos ecológicos claves para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Al conjunto de los organismos edáficos se los denomina biota edáfica y sus principales funciones son: 1) descomposición de la MO, 2) reciclado de nutrientes, 3) bioturbación y 4) supresión de enfermedades y plagas transmitidas por el suelo (FAO y GTIS, 2016). La biota del suelo es un mundo extremadamente complejo, por lo que, para facilitar su estudio, es normalmente clasificada en grupos funcionales. Algunos de los grupos funcionales son: i) los micosimbiontes, que colaboran con la planta en la absorción de nutrientes, mejorando la nutrición vegetal y por ende su salud, como por ejemplo los hongos formadores de micorrizas (HFMA) y las rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR); ii) los descomponedores, que colaboran con la liberación de nutrientes de la MO, promoviendo el ciclo de nutrientes, como por ejemplo algunos hongos de los phyla Ascomycota, Basidiomycota y Zygomycota; iii) la meso y macrofauna, que modifica la estructura física del suelo, por ejemplo por excavación y promoción de la formación

de micro y macroagregados. En resumen, desde un punto de vista biológico, un suelo sano depende de la presencia e interconexión de todos los grupos funcionales que aseguran el funcionamiento de la red trófica del suelo.

El suelo es también un ambiente en donde las diferentes comunidades desarrollan continuamente su cultura, y donde se estructuran y configuran las relaciones entre la diversidad de los cultivos, los hábitats alimenticios, las historias y las tradiciones, que a la vez son parte de la herencia de la humanidad. El suelo alberga la herencia geológica y arqueológica como también la evidencia para reconstruir la historia ambiental. La conservación de estas herencias depende de la formación edáfica y por lo tanto procesos de degradación naturales y antropogénicos pueden alterar a nuestro museo natural edáfico (Burbano, 2016). En resumen, desde un punto de vista social, un suelo sano se verá reflejado en el desarrollo equitativo y saludable de las comunidades humanas.

A pesar de las contribuciones que el suelo proporciona a la sociedad, es un bien natural minusvalorado por los poderes que dirigen a la cultura occidental. En las últimas décadas el riesgo de daños ambientales ha ido aumentando. El mejor ejemplo es la actual pandemia que estamos viviendo como humanidad. El escenario alarmante y catastrófico que estamos atravesando no sorprende mucho cuando uno analiza las fuerzas que dirigen el normal funcionamiento de la sociedad. Actualmente, los bienes naturales y comunes están subordinados al capital, que los maneja, apropiá y supedita a la lógica de la máxima ganancia o máximo lucro. El suelo refleja este sometimiento: minerales, nutrientes y agua, entre otros, son extraídos de los suelos a una velocidad superior a la necesaria para que la naturaleza reponga lo extraído. Sin embargo, existen alternativas a este modelo predominante, que comprenden al suelo como uno de los bienes comunes, como la matriz o red de vida, como la madre de los procesos productivos, reproductivos y creativos que proveen los medios para alimentarnos, educarnos y transportarnos, y

que pueden absorber los desechos de nuestros consumos (Helfrich, 2008).

Procesos agrícolas modernos y su influencia en la degradación del suelo en la pampa argentina

Desde los comienzos de 1960, con la implementación de la llamada revolución verde, hasta el día de hoy, la biodiversidad se ha reducido a niveles alarmantes (Díaz et al., 2018). La práctica de monocultivos se ha incrementado dramáticamente alrededor del mundo, principalmente por la expansión geográfica de la tierra dedicada a un solo cultivo y a la producción de la misma especie en la misma tierra, año tras año. Casi el 80% del trillón y medio de hectáreas de tierras arables está dedicada al monocultivo de unas pocas especies de cereales y animales. Los cultivos de trigo, maíz, arroz y papa representan el 60% del alimento mundial en base a plantas y 14 especies animales proveen el 90% de la proteína animal (Vigouroux, 2011). Esta baja diversidad productiva aumenta, indudablemente, la susceptibilidad del suelo a los procesos de degradación y su consecuente erosión, procesos que se magnifican cuando se aplican las mismas prácticas de manejo a suelos con características y propiedades distintas.

Argentina es un país agroexportador desde sus orígenes: el desarrollo agrícola ha jugado un rol central en la evolución de la economía del país. Actualmente la agricultura representa aproximadamente un 15% del producto bruto interno⁶. Las estadísticas del censo agropecuario realizado en 2018 indican que desde el año 2002 al 2018 desapareció el 25,5% de los establecimientos productivos; así, si se compara con los datos para 1998 la caída es del 41,5%. Los datos de este último censo también demuestran la tendencia a concentrar mucha tierra en pocas manos: el 1% de las explotaciones agropecuarias controla el 36,4% de la tierra, mientras que el 55% de quienes tienen pequeñas producciones (con menos de 100 hectáreas) cuentan con solo el 2,2% de la tierra.

La región pampeana, localizada en el

cono sur de América del Sur (33° - 35° S, 62° - 64° O), es la columna vertebral de la agricultura en el país. Está constituida por 5.000.000 hectáreas que incluyen el norte, centro y sureste de la provincia de Buenos Aires (A) el centro y sur de la provincia de Santa Fe (SF) y el sureste de la provincia de Córdoba (Cor). Actualmente, está mayormente dedicada a la agricultura pura, en contraposición a una agricultura que incluye a la ganadería como práctica rutinaria.

La degradación de los suelos pampeanos tiene evidencias que datan de hace 40 años (INTA, 1989). El principal vector de la degradación edáfica es el modelo agrícola hegemónico, con características rutinarias y extractivas, implementado en el principio de 1970 y que continúa hasta el día de hoy en la mayor parte del territorio de la pampa argentina (Aranda et al., 2020). El proceso de modernización en el territorio pampeano, que comenzó con el proceso de agriculturización de la pradera pampeana, implicó la mecanización completa de las labores e intensificó el cultivo de oleaginosas y cereales, con la incorporación de híbridos de maíz, girasol, sorgo y germoplasma exótico de trigo, y con la introducción de una nueva especie, la soja, permitiendo así el doble cultivo trigo/soja en un mismo ciclo, lo que trajo aparejado el detrimento de la práctica combinada de agricultura con la cría de ganado (Espoturno, 2018). Quince años después del comienzo de dicho proceso, el suelo pampeano empezó a mostrar síntomas de degradación evidenciados en una disminución de materia orgánica y en el nitrógeno total de los suelos (Puricelli, 1985). A pesar de la incipiente evidencia sobre la pérdida de fertilidad de los suelos pampeanos, durante la década del 90 comenzó a difundirse el paquete tecnológico que incluía: la siembra directa, la soja modificada genéticamente y el herbicida glifosato; esto intensificó el proceso iniciado en los 80, dando lugar al proceso de sojización, en el que la soja desplaza al resto de los cultivos (Cloquell, 2014). En Argentina la superficie sembrada con soja transgénica pasó de representar un 1% en la campaña 1996-1997 a más del 90% en la campaña 1990-2000 (Espoturno, 2018).

La implementación del paquete tecnológico y las exigencias del mercado internacional de granos promovieron el mo-

⁶https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/observatorio_bioeconomia/indicadores/01/index.php

nocultivo de soja, dejando muchas veces los suelos descubiertos durante el invierno. Todas estas prácticas contribuyeron, y contribuyen, al proceso de degradación de suelos, que empezó a evidenciarse desde 1980, y a la desaparición de pequeños y medianos productores, que no pudieron adaptarse a los nuevos requerimientos (adquisición del paquete tecnológico y su implementación, por ejemplo, la aplicación de herbicidas y plaguicidas; aumento de la renta; especulación financiera en el precio de los granos). Recientemente, un grupo de investigadores de la Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce publicaron parámetros físico-químicos del suelo de la pampa argentina determinados en el 2018 y los compararon con parámetros de suelos prístinos de la región y con parámetros de suelos agrícolas determinados en muestras del 2011. Los parámetros que determinaron fueron: MO, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo extractable y micronutrientes (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn and Zn) (Sainz Rozas et al., 2019). Brevemente, sus resultados revelaron que la materia orgánica (MO) de los suelos agrícolas fue significativamente menor a la de los suelos prístinos (2-4% vs. 3-5%, respectivamente). A su vez, determinaron que la concentración de diversos minerales en los suelos agrícolas, como el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K) y zinc (Zn), fue menor en las muestras del 2018. Estos resultados demuestran el deterioro en dos funciones claves para el funcionamiento saludable del suelo, la descomposición de la MO y el ciclado de nutrientes, lo que sugiere que las comunidades microbianas de los suelos pampeanos han sido alteradas negativamente como consecuencia del modelo agrícola predominante.

Holobionte: un concepto moderno para interpretar los procesos evolutivos

Una estrategia alternativa y complementaria para conocer la salud del suelo es analizar las propiedades emergentes de las interconexiones de la biota edáfica (Trivedi et al., 2020). Una red o matriz bioedáfica saludable va a estar reflejada en una comunidad vegetal sana; comunidades

vegetales sanas contribuyen directamente al bienestar de la humanidad (Díaz et al., 2018). Varios trabajos retoman el concepto de Holobionte, propuesto por Lynn Margulis en la década de los 90 (Margulis, 1990), para referirse a las conexiones tan arraigadas entre los microorganismos del suelo y las plantas (Lee et al., 2019; Trivedi et al., 2020). Los Holobiontes son unidades funcionales de metaorganismos simbiontes que pudieron haber coevolucionado bajo la selección natural. A modo de ejemplo, los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA), hongos del phylum Glomeromycota que crecen en simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, completan su ciclo de vida solamente al estar asociados a las raíces de plantas (van der Heijden et al., 2015). A su vez, muchas bacterias que habitan el suelo utilizan el micelio de los HFMA para movilizarse y localizarse en zonas donde las hifas están metabólicamente activas. Estas zonas son denominadas puntos calientes (del inglés hot spots) y es donde los minerales se solubilizan y son absorbidos por la vida circundante (HFMA, bacterias y plantas) (Trivedi et al., 2020). A su vez los HFMA dirigen el secuestro de carbono y la agregación de las partículas del suelo y tienen un fuerte impacto en la composición de las comunidades microbianas y vegetales (Trivedi et al., 2020). Se hipotetiza que los HFMA, junto con otras familias de micorrizas, han dado forma a la evolución de la biosfera desde que las plantas empezaron a crecer en la tierra y, dado el contexto actual de crisis climática, son actores claves a considerar para comprender el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (van der Heijden et al., 2015; Trivedi et al., 2020).

Agroecología y Holobionte: dos enfoques sistémicos para la reinterpretación de los procesos evolutivos en la agricultura

La agroecología, al igual que el concepto de Holobionte, propone una reinterpretación de los procesos evolutivos. Plantea que el mundo natural y el mundo social coevolucionan dando como resultado una ampli-

tud y diversidad de agroecosistemas adaptados a las particularidades de cada lugar (Guzmán Casado et al., 2000). A su vez, la **agroecología** reivindica la biota edáfica, que lleva a cabo parte de los ciclos biogeoquímicos, y la biodiversidad, que autorregula a los agroecosistemas (Sánchez et al., 2012). Asimismo, uno de los objetivos de la **agroecología** es lograr y mantener suelos vivos y favorecer la biodiversidad del sistema. El paradigma agroecológico permite entonces incorporar el concepto de Holobionte y así pensar de manera conjunta a la biota edáfica y los cultivos al momento de planificar el manejo agrícola. En este sentido, la **agroecología** promueve la biodiversidad radicular por las consecuencias directas que tiene sobre la diversidad en la matriz edáfica. Un ejemplo de práctica agrícola que sigue el principio de biodiversidad planteado por la **agroecología** es el cultivo asociado de plantas que pertenecen a dos grandes familias: las gramíneas y las leguminosas. Las gramíneas tienen raíces en cabecera y se asocian fácilmente con los HFMA, mientras que las raíces de las leguminosas tienen una raíz principal de la que salen las raíces secundarias y, si bien se asocian con los HFMA, también establecen simbiosis con bacterias capaces de fijar el nitrógeno gaseoso (*Rhizobium* spp.). La presencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno no solo aporta nitrógeno al cultivo de la planta hospedadora sino también nutre al suelo de nitrógeno para el próximo cultivo. Asimismo, y dado el rol jerárquico que tienen los HFMA, su presencia impulsará y direccionalará a la biota edáfica, facilitando la fijación de carbono en el suelo y la agregación de los mismos. Otra propuesta para el manejo de grandes superficies que sigue los principios de la **agroecología** es la reincorporación de la ganadería a campo. El pastoreo sobre la tierra cultivada no solo aporta de nutrientes al suelo sino también de microorganismos, principalmente descomponedores, que impulsarán el ciclado de la MO en el suelo a partir del rastrojo. También es posible promover la vida en el suelo mediante la inoculación/aplicación, al suelo y cultivos, de preparados naturales y/o bioinsumos, pues pueden impulsar la vida microbiana, como por ejemplo el supermagro⁷ y el té de compost aireado⁸.

La incorporación del concepto del Holobionte reivindica la importancia de los

organismos edáficos nativos dado que amplía el universo de estudio y permite analizar a la biota edáfica y a los cultivos como un metaorganismo. En otras palabras, las prácticas agrícolas que siguen los principios de la **agroecología** deberían contribuir a la integridad de los Holobiontes. En este sentido, consideramos que la generación y posterior utilización de los preparados naturales y/o bioinsumos debe pensarse localmente. Más arriba mencionamos la importancia de los HFMA en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Los HFMA crecen en simbiosis con las raíces de los cultivos, las hifas (tejido que forma el cuerpo del hongo denominado micelio) están asociadas a cada planta de manera individual y a la vez pueden interconectarse, favoreciendo la comunicación entre los distintos individuos de una misma especie vegetal y entre distintas especies vegetales (van der Heijden et al., 2015). La interconexión de las plantas de una misma comunidad a través del micelio extrarradical de los HFMA permite el pasaje de moléculas entre las plantas. Sin embargo, no todas las hifas de los HFMA pueden interconectarse, unirse. Los HFMA presentan una gran diversidad de especies y no todas las especies son compatibles entre sí. Más aún, se ha reportado la imposibilidad de unión entre hifas de poblaciones de una misma especie de HFMA que han sido obtenidas de distintos sitios (Giovannetti et al., 2015). En otras palabras, la inoculación/aplicación con HFMA no garantiza la revitalización de la comunidad edáfica; es clave que se utilicen HFMA presentes en los suelos a aplicar para asegurar la interconexión de las especies aplicadas a la red del suelo preexistente.

Asimismo, la producción local podría contribuir al trabajo de las comunidades rurales, favorecer a las economías locales y campesinas, y a su vez brindar herramientas que ayuden a la emancipación de dichas comunidades. Por el contrario, si la producción de los insumos biológicos se concentra en pocas empresas se continuará con la misma lógica de concentración del capital, corriendo además el riesgo ambiental de perder la biodiversidad de la microbiota edáfica y seguir contribuyendo al proceso de degradación del suelo pampeano.

No podemos escindir las relaciones sociales, culturales, políticas y económicas

⁷ Biofertilizante a base de ingredientes orgánicos y minerales fermentados.

⁸ Obtenido a partir del crecimiento en condiciones aeróbicas de los microorganismos presentes en un abono después de su compostaje.

del suelo y su matriz edáfica. Concebirlo como un recurso susceptible a ser apropiado y explotado tiene sus consecuencias como la que se refleja en la degradación edáfica actual. El desalojo y despojo de comunidades originarias y/o tradicionales que han mantenido un vínculo de respeto y cuidado con el suelo y su matriz también se expresa en las consecuencias anteriormente mencionadas. Si bien el concepto de Holobionte nos indica una asociación simbiótica entre organismos que han coevolucionado hasta llegar a consolidar metaorganismos, es interesante ir más allá y complejizar el término, es decir, permitirnos pensar a la sociedad y a la matriz edáfica también como un Holobionte. Lynn Margulis y Dorion Sagan proponen a la simbiosis como una fuerza evolutiva más potente que la competencia u otra relación entre individuos. En su libro “Microcosmos” dan a conocer múltiples evidencias que apoyan la hipótesis que la simbiosis es la fuerza que tracciona la evolución (Margulis y Sagan, 2013). Aquí sostienen que la simbiosis permite la creación de organismos que no son simplemente la suma de

sus partes componentes, sino algo más, más complejo, como la suma de todas las combinaciones posibles de cada una de sus partes. Los autores sostienen que este tipo de asociación, de alianzas, conduce a los seres en evolución hasta esferas inexplicadas.

Conclusiones

Como consideración final esperamos que el concepto de Holobionte y la revalorización de la simbiosis como fuerza evolutiva colaboren en la construcción de estrategias colectivas, como la agroecología. Es innegable la necesidad de reconstruir la noción de suelo/sociedad desde un lugar de convivencia y desde allí encontrar una solución a la degradación del suelo. Las soluciones a esta problemática que no consideren los diferentes intereses y actores que determinan el acceso o imposibilidad de acceder a suelos fértiles, no serán sostenibles y por lo tanto seguirán profundizando su degradación.

Referencias

1. Aranda, D. (Comp.), Vicente, L.M., Vicente, C.A. y Acevedo, C. *Atlas del agronegocio transgénico en el Cono Sur: monocultivos, resistencias y propuestas de los pueblos*. Marcos Paz: Acción por la Biodiversidad.
2. Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
3. Cloquell, S. (Coord.) (2014). *Pueblos rurales. Territorio, sociedad y ambiente en la nueva agricultura*. Buenos Aires: CICCUS.
4. Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R., Molnár, Z., Hill, R. y col. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.
5. Espoturno, M. (2018). El suelo: un sistema viviente. En: R. Albanesi y P. Propersi (Coords.). *Agronomía en clave interdisciplinaria y sostenible. Introducción a los sistemas de producción agropecuarios* (pp. 187-196). Rosario: Amalevli.
6. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) (2014). *Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición. Actas del Simposio Internacional de la FAO*. Roma: Autor.
7. FAO y GTIS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo) (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS)–Resumen Técnico*. Roma: FAO.
8. Giovannetti, M., Avio, L. y Sbrana, C. (2015). Functional Significance of Anastomosis in Arbuscular Mycorrhizal Networks. En: T.R. Horton (Ed.). *Mycorrhizal networks* (pp. 41-68). Dordrecht: Springer Science& Business Media.
9. Guzmán Casado, G., González de Molina, M., Sevilla Guzmán, E. (2000). *Introducción a la agroecología como Desarrollo rural sostenible*. México y España: Mundi-Prensa.
10. Helfrich, S. (2008). Bienes comunes y Ciudadanía: una invitación para compartir. En: S. Helfrich (Comp.). *Genes, Bytes y Emisiones: Bienes Comunes*.

- nes y Ciudadanía (pp.21-26). Fundación Heinrich Boll, Oficina regional Centroamérica: Ediciones Boll.
11. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) (1989). Degrado de suelos por intensificación de la agricultura. Publicación Miscelánea N°57. Rafaela: Autor.
 12. Lee, S., Morse, D. y Hijri, M. (2019). Holobiont chronobiology: mycorrhiza may be a key to linking above ground and underground rhythms. *Mycorrhiza*, 29, 403- 412.
 13. Margulies, L. (1990). Words as battle cries: symbiogenesis and the new field of endocytobiology. *BioScience*. 40, 673-677.
 14. Margulies, L. y Sagan, D. (2013). *Microcosmos*. Buenos Aires: Tusquest.
 15. Puricelli, C.A. (1985). La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la región pampeana. *Revista Argentina Producción Animal*, 4, 33-48.
 16. Sainz Rozas, H., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta, N., Angelini, H., Reussi Calvo, N. y Wyngaard, N. (2019, mayo). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. 14º Simposio de Fertilidad. Rosario.
 17. Sánchez De P, M., Prager M, M., Naranjo, R. E. y Sanclemente, O. E. (2012). El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. *Agroecología*, 7(1), 19-34.
 18. Trivedi, P., Leach, J., Tringe, S., Sa, T. y Singh, B. (2020). Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. *Nature Review Microbiology*, 18(11), 607-621. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>
 19. van der Heijden, M.G.A., Martin, F.M., Selosse, M. A. y Sanders, I.R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *The New Phytologist*, 205, 1406-1423.
 20. Vigouroux, J. (2011). Biodiversity, evolution and adaptation of cultivated crops. *Comptes Rendus Biologies*. 334, 450–457.