

Número 25 | Marzo 2019

## LA SALUD DE NUESTROS SUELOS

REALIZACIÓN

Dr. Néstor Darwich  
Resumen: Departamento de  
Investigación y Desarrollo  
Profertil S.A.

### INTRODUCCIÓN

En términos generales podemos definir la Salud de un Suelo como su capacidad específica para funcionar en un ecosistema natural o antrópico (generado por el hombre), para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la contaminación del agua y del aire y favorecer la salud y el hábitat del hombre.

La pérdida de fertilidad de los suelos ocurre cuando los requerimientos nutritivos de los cultivos son abastecidos desde las reservas del suelo, lo cual significa que se extraen del suelo más nutrientes que los que se aplican como abono o fertilizante. Esto eventualmente resulta en una reducción de la Materia Orgánica (MO) con sus consecuencias químicas y físicas, disminución del crecimiento de las plantas y en un menor rendimiento.

A su vez hay manejos de los sistemas de producción que también llevan al detrimento de la Salud de Nuestros Suelos, como ser la degradación de suelos por efecto del riego continuo con calidad de agua no adecuada.

### EVOLUCIÓN DEL ÁREA SEMBRADA Y PRODUCCIÓN DE GRANOS EN ARGENTINA

Para entender el estado de salud actual de nuestros suelos, es imprescindible conocer un resumen de nuestra historia cultural de los últimos 30 años (*Figura 1*).

En 1991 sembrábamos la misma superficie con trigo y soja, 5 millones de ha. Diez años más tarde (2001) la soja iguala a la suma de trigo +



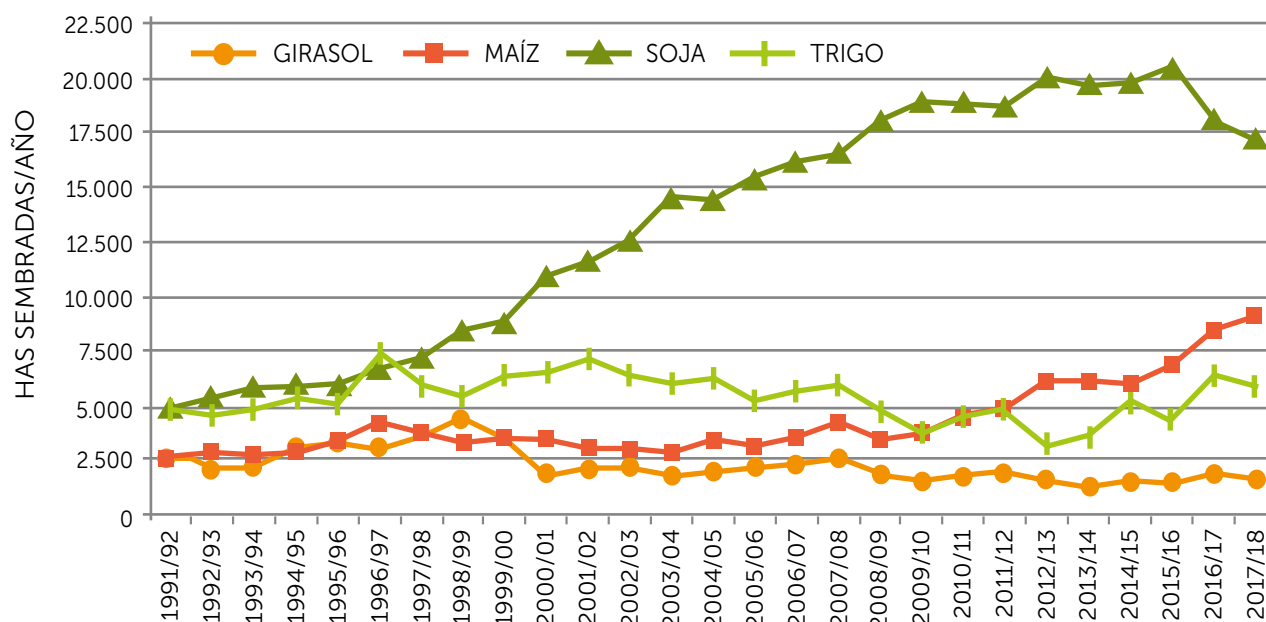
maíz + girasol, este desbalance entre gramíneas y leguminosas continúa agravándose y en 2009, la soja duplica la suma de hectáreas sembradas con trigo, maíz y girasol.

En 2012, Argentina alcanza la menor superficie sembrada con trigo de los últimos 40 años (3.16 millones de ha); a esto debemos sumarle una fuerte caída en el consumo de fertilizantes que comienza en 2008, agravado por la fuerte sequía en la zona SE/SO Bonaerense, y se extiende hasta 2015.

A partir de la campaña 2016 comienza un crecimiento del área de trigo y maíz en detrimento de la soja, a raíz de la incorporación de las gramíneas en el esquema de rotación de cultivos.

Figura 1. Área sembrada con los principales cultivos para granos, en Argentina años 1991/92 a 2017-18.

Fuente: MinAgri 2019



## PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE LA SALUD DEL SUELO Y SUS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- 1) BALANCE DE NUTRIENTES.
- 2) MATERIA ORGÁNICA (MO).
- 3) MANEJO Y CALIDAD DE AGUA DE RIEGO.

### 1) BALANCE DE NUTRIENTES

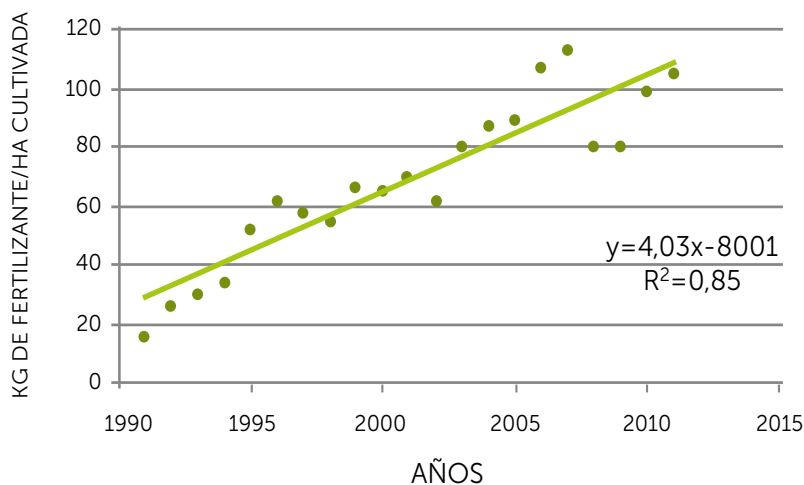
#### a- Consumo de fertilizantes y producción de granos en nuestro país

A partir de 1970 con la intensificación de la agricultura comienzan a manifestarse los primeros síntomas de déficits nutricionales (Darwich, 1986, 1989, 1991). En 1982, Argentina alcanza los 40 millones de toneladas anuales en producción de granos, no obstante el consumo de fertilizantes era muy bajo 4 kg/ha cultivada (FAO 1988).

Figura 2. Evolución del consumo de Fertilizantes por ha cultivada en Argentina, período 1990-2011.

El consumo aumentó 4 kg/hectárea cultivada/año, de 1990 a 2011.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MinAgri y CIAFA.



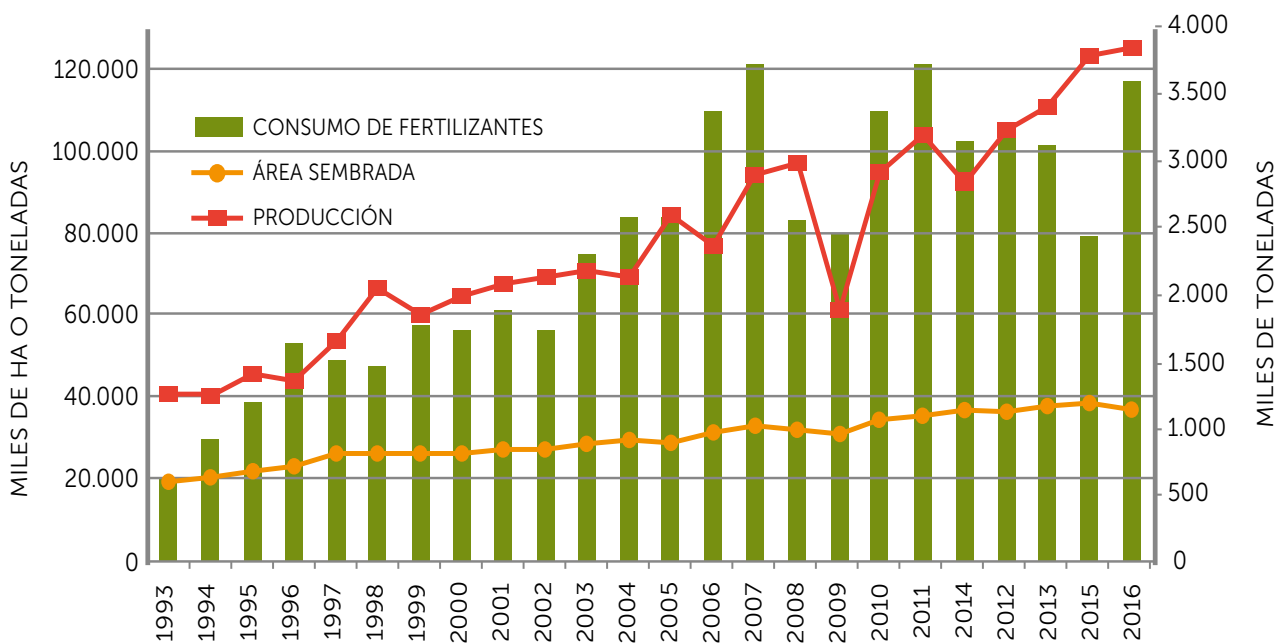
A principio de los 90 el consumo de fertilizante por ha cultivada no llegaba a 20 kg/ha, a partir de allí y con la ayuda de algunas medidas favorables para el agro y la instalación de una importante distribuidora de fertilizantes, 11 Centros de Distribución en sus inicios, comienza una etapa de activo crecimiento en el consumo de nutrientes. El paso de bolsa a granel, la creación de una fábrica de urea capaz de abastecer las necesidades de Nitrógeno del país y otras mejoras en la descarga de los puertos por donde llegaba el 100% de los productos que importábamos, permitió que pasáramos de 20 a 110 kg de consumo por ha/año. En 16 años (1991 a 2007), pasamos de consumir 380 mil t/año a 3,7 millones de t en 2007; fue sin duda el periodo de mayor crecimiento para la industria y para el agro en su conjunto. La tarea de difusión de las ventajas

en el uso adecuado de fertilizantes impulsada por el INTA, INPOFOS Cono Sur (luego IPNI) y las empresas del sector, a través del Proyecto Fertilizar, contribuyeron a este crecimiento (Figura 2). En este período, por cada kg de incremento en el consumo de fertilizante, se incrementó 19,15 kg la producción de granos.

Entre el 2008 y 2015, el consumo cayó nuevamente a valores del año 2005. Pero el área sembrada continuó creciendo hasta alcanzar 38,7 millones de ha en 2015/16, con una producción superior a los 125 millones de toneladas de grano a nivel país. Esto aumentó nuevamente los déficits de nutrientes en los suelos cultivados, ya que el balance extracción - reposición fue negativo en todo el período pero con mayor intensidad en los años, 2008/09 y 2012 a 2015 (Figura 3).

Figura 3. Superficie cultivada, Producción de granos y consumo de Fertilizantes en Argentina, años 1993-2016.

Fuente: MinAgri y Ciafa

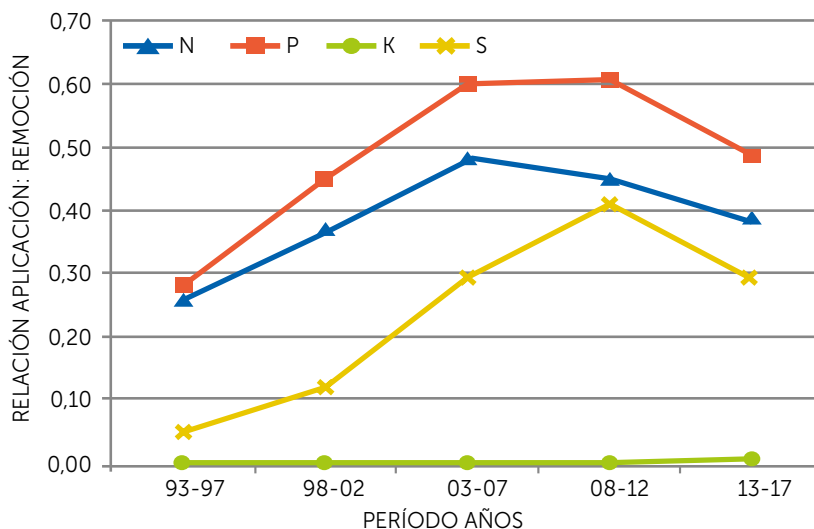


### b-Extracción - Reposición y sus consecuencias

Como se observa en la Figura 4, la relación aplicación/remoción de nutrientes muestra un balance negativo para la serie de años 1993/2017, representando en 2017 una reposición en promedio del 52% del Nitrógeno (N) total extraído, 31% del Azufre (S) total extraído y 56% del Fósforo (P) total extraído en grano, en los 4 principales cultivos: soja, maíz, trigo y girasol.

Figura 4. Evolución de la Reposición por Nutrientes periodo 1993 al 2017.

Fuente: IPNI – Fertilizar



Para poder cuantificar el déficit de nutrientes, que hemos ocasionado a nuestros suelos cultivados, en el balance Extracción-Reposición de los últimos 40 años, deberíamos hablar de nutrientes (NPKS) expresados como elementos y no como productos comerciales (fertilizantes); y aquí las cifras impactan aún más; bastaría decir que para dejar en cero el balance deberíamos triplicar el consumo actual, ya que con las cifras actuales de uso, se estima que estamos reponiendo un tercio de los nutrientes que nos llevamos anualmente con las cosechas de granos y forrajes. Analicemos como ejemplo la campaña 2015.

Tabla 1: Balance de N, P, K, y S (en toneladas) - (Extracción - Reposición para la Campaña 2015)

SUPERFICIE SEMBRADA: 38 MILLONES DE HECTÁREAS. PRODUCCIÓN: 125 MILLONES DE TONELADAS

NUTRIENTE		N	P	K	S
EXTRACCIÓN	t	2.042.800	502.340	1.215.425	267.532
REPOSICIÓN POR FERTILIZACIÓN (**)	t	404.168	243.800	2.300	44.213
DIFERENCIA	t	-1.638.632	-258.540	-1.213.125	-223.319
FERTILIZANTE REQUERIDO PARA EQUILIBRAR EL BALANCE	t	UREA 3.562.243	SPT 1.292.700	CLK 2.378.676	YESO 1.240.661

\*\*Datos de CIAFA y FERTILIZAR Asoc. Civil

Los datos de la Tabla 1 indican que en la campaña 2015 sumando **soja, maíz, trigo y girasol**:

	NUTRIENTES (N, P, K, S)	FERTILIZANTES (UREA, DAP, CLK, YESO)
EXTRACCIÓN	4.000.000 t	11.000.000 t
REPOSICIÓN	695.000 t	2.500.000 t
<b>DÉFICIT</b>	<b>3.330.000 t</b>	<b>8.500.000 t</b>

En 2016 mejoramos un poco ya que usamos 3,6 millones de t para una producción de granos similar (127 millones de t), no obstante seguimos reponiendo un tercio de los nutrientes que nos llevamos del suelo.

## c- Medidas para mitigar el problema

### **Análisis de Suelo y Balance de Nutrientes = Interacción de Nutrientes.**

El Análisis de Suelo es una herramienta de diagnóstico que nos permite tener una estimación de la fertilidad del suelo, resultado de un conjunto de ensayos físicos y químicos practicados en la muestra de suelo.

Según datos del último Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada (ReTAA) de la Bolsa de Cereales, un 13% de los productores agrícolas realizaron muestreo de suelos en la campaña 2016/17; es un valor bajo, aunque algo mayor al 10% de 2014/15. Sin embargo, esto es muy variable según cultivo y asimismo según la región bajo estudio.

En los cereales, la práctica de muestreo del suelo para análisis es mayor, con el 39% de los productores en cebada, el 22% en trigo y el 17% en maíz, uno de los cultivos más tecnificados de nuestro país. Las oleaginosas van de la mano, tanto en soja como en girasol, sólo el 9% de los productores realizó muestreo de suelos en la campaña 2016/17.

El enfoque por regiones muestra la variabilidad que existe entre productores de un mismo cultivo y el uso que hacen de esta tecnología de proceso. El muestreo y la fertilización son claves para mantener la capacidad productiva de nuestros suelos, si queremos pensar realmente en sistemas sustentables y de mejora continua en la productividad agrícola de nuestro país.

La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los mismos y disminuir la brecha de rendimiento para alcanzar el rendimiento potencial según las condiciones agroclimáticas. Cuando aplicamos dos o más macronutrientes, los efectos de los mismos sobre los cultivos suelen ser interactivos, generando beneficios superiores a la aplicación individual de cada uno de ellos.

En nuestro sistema de producción de granos, los nutrientes que se encuentran como deficientes son el Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Azufre (S),

pero también debe evaluarse la posibilidad de deficiencias de otros nutrientes según zona y cultivo. Se ha comprobado que el P tiene una interacción positiva con N y S. La fertilización conjunta NPS supera significativamente tanto en rendimiento como en margen neto de ganancia, en comparación a las fertilizaciones con P, NP o NS.

Durante los últimos años, trabajos de investigación realizados por varias instituciones técnicas referentes como INTA, IPNI, Fertilizar AC y AAPRESID han demostrado claramente que la Nutrición Balanceada de los cultivos contribuye a mejorar el Balance del Suelo.

## 2) MATERIA ORGÁNICA.

### **a- Pérdida de la Materia Orgánica, sus efectos sobre la física, química y biología del suelo.**

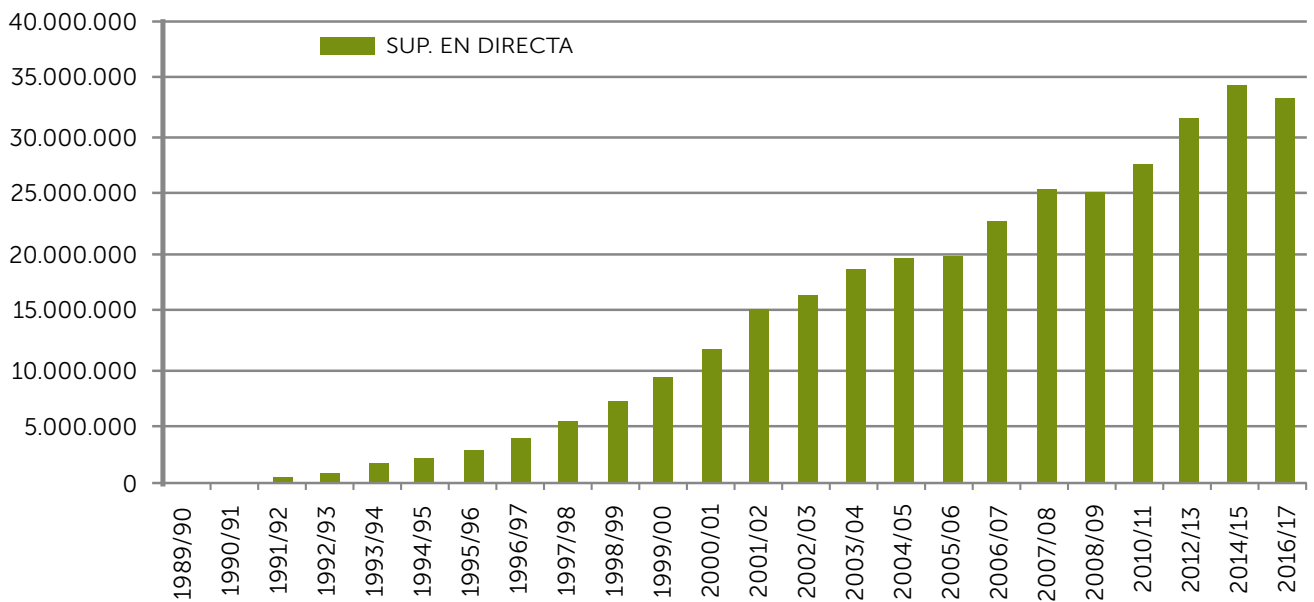
#### **a.1- Efectos físicos. Compactación del Suelo.**

Hasta comienzos de 1990, las labranzas convencionales o las llamadas reducidas (disco y rastra) eran de uso corriente en toda la Región Pampeana y extra Pampeana. A partir de 1991 comienza un uso incipiente de las labranzas cero o siembras directas, con un crecimiento vertiginoso hasta alcanzar los 20 millones de ha en 2004-05 (*Figura 5*).

En la actualidad, Argentina posee el record de superficie cultivada bajo esta modalidad (91%) lo que equivale a 33,2 millones de ha, sobre un total cultivado de 36,5 millones. Si bien la supresión de las labranzas frenó en parte la erosión de los suelos, esta práctica por sí sola no pudo detener una degradación que sigue avanzando. Casas y Albarracín en 2015, estimaron que en 1990 la superficie total de suelos erosionados en Argentina ascendía a 58 millones de has, mientras que para el año 2014 esta cifra era de 105,6 millones de has, lo que significó un incremento del 82%. Solo en la región Chaco-Pampeana, considerada el corazón productivo del país, las cifras de erosión eólica e hídrica, en sus grados leve, moderado y grave, suman 45,5 millones de ha. Para el mismo periodo (1990-2015) la superficie cultivada con los principales granos, paso de 15 a 34 millones de ha, lo cual significó un incremento de 127%.

Figura 5: Evolución de la superficie en Siembra directa en Argentina

Fuente: AAPRESID, 2017



Parece ser, que aun aplicando correctas prácticas agrícolas en siembra directa no son suficientes para amortiguar la densificación que progresivamente genera el continuo pasaje de equipos, aún provistos con neumáticos de alta flotación, y sistematización en el tránsito de acarreos (pulverizaciones y cosecha) que producen compactación.

La compactación es un proceso artificial por el cual las partículas del suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante la reducción del espacio poroso. El suelo, como cualquier elemento natural, posee un equilibrio entre los diversos factores que lo componen. Un cambio de este equilibrio puede provocar alteraciones físicas, químicas o biológicas. La compactación es la principal causa de alteración del equilibrio entre los componentes del suelo.

Según FAO, esta es la forma más seria de degradación de los suelos causada por las prácticas agrícolas convencionales. Es reversible y su ocurrencia es previsible o, al menos, controlable. Es un problema de carácter mundial que abarca todos los suelos y niveles de producción agrícola. Es el tipo más difícil de degradación de suelos para localizar y cuantificar, debido a que es un fenómeno que ocurre sobre todo debajo de la superficie. No hay ninguna evidencia superficial clara que refleje su existencia, a diferencia de la salinización y la erosión.

Bajo condiciones de labranza convencional el uso continuo de implementos de labranza, especialmente arados y rastras de discos durante largos períodos, frecuentemente produjo un piso denso llamado piso de arado o compactación sub-superficial.

Bajo condiciones de cero labranza o Siembra directa, el reiterado tráfico sobre el terreno, la acción de los neumáticos de los implementos agrícolas (cosechadoras, carros tolvas y distribuidoras de fertilizantes) trabajando en condiciones de suelo húmedos o mojados, es la principal responsable de la compactación superficial y sub-superficial (Figura 6).

Figura 6. Efecto de la compactación en un suelo Argiudol, sobre el crecimiento radicular del trigo.

Fuente: Gentileza del Ing. C. Galarza. Grupo suelos EEA INTA Marcos Juárez.



## Efectos perjudiciales:

- Pérdida de agua de lluvia por menor infiltración,
- Aumento de escorrentías en terrenos con pendiente,
- Dificultad para la germinación de las semillas en periodos sin lluvias.
- En periodos húmedos la compactación, causa encharcamientos, al disminuir sensiblemente la velocidad de infiltración.
- La compactación reduce a la mitad la velocidad de infiltración del agua pluvial en un mismo suelo.

### a.2 - Efectos químicos

Como se puede apreciar en la *Figura 7*, las pérdidas de Materia Orgánica (MO) ocasionadas por los 100 años de cultivo bajo labranza convencional produjeron una reducción del 58,34% de la dotación de MO en la capa superficial del suelo (0-20 cm).

En un trabajo más reciente realizado por Sainz Rozas y col, 2011, se determinó el contenido de Materia Orgánica (MO) en diferentes muestras de suelo bajo dos condiciones contrastantes (virgen y bajo agricultura) en diferentes subregiones de la Región Pampeana. La *Tabla 2* nos muestra los cambios (disminuciones) del contenido de MO del suelo (0-20 cm) en cada sub región. Si promediamos las pérdidas, el promedio de las mismas es de 41,72%.

*Tabla 2. Cambios en el contenido de MO del suelo (0-20 cm) en cada sub región de la Región Pampeana argentina.*

*Fuente: Studdert G. 2013; Sainz Rozas et al 2011.*

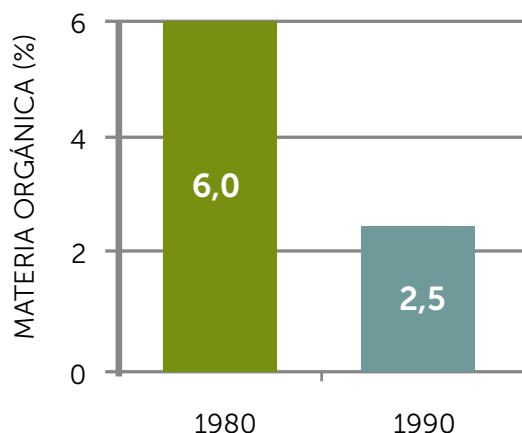
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (MO) (%)

PROVINCIA	ZONA	VIRGEN	E.S.	ACTUAL	E.S.	VARIACIÓN %
BUENOS AIRES	SUR ESTE	8,59	1,85	5,53	0,9	-36,6
	NORTE	5,05	1,03	2,90	1,21	-42,0
SANTA FE	SUR	4,26	1,12	2,62	0,51	-39,0
CÓRDOBA	SUR ESTE	3,35	0,84	2,02	0,57	-39,4
LA PAMPA	ESTE	3,45	0,68	1,64	0,61	-53,0

Si bien, como se dijo anteriormente, la adopción de la labranza cero o siembra directa atenuó la pérdida de MO que venían experimentando los suelos pampeanos bajo labranza convencional, el grado de atenuación dependió del manejo implementado en cada caso.

*Figura 7. Disminución del % de materia orgánica en suelos del Departamento Caseros (Santa Fe, Argentina por 100 años de labranzas y cultivos).*

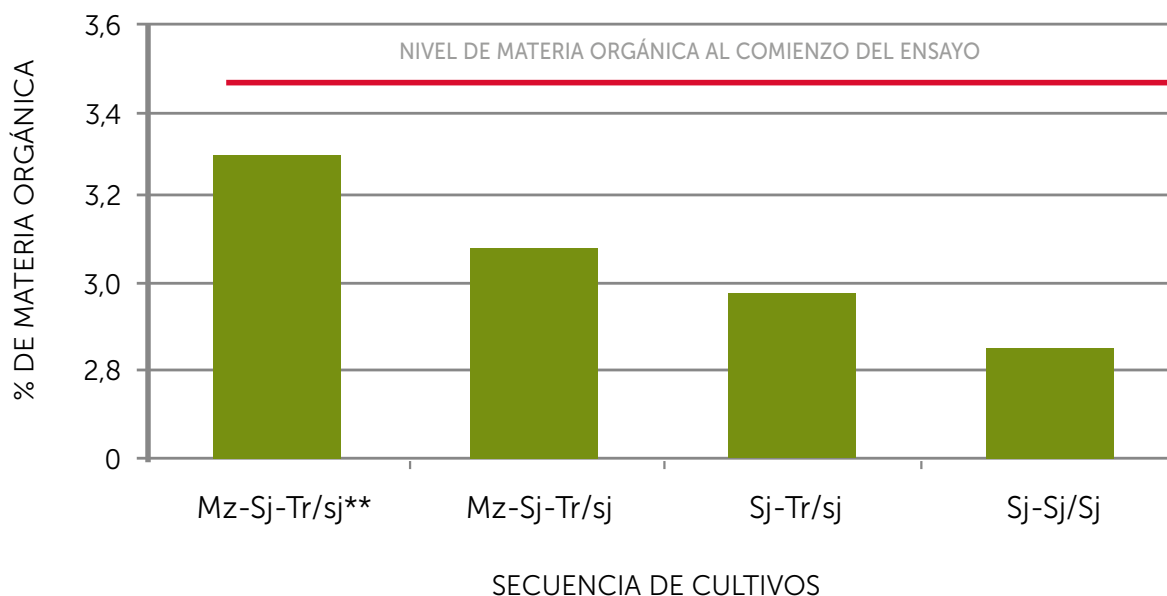
*Fuente: F. Martínez - UEEA INTA Casilda (Santa Fe) 1992.*



Los ensayos de sistemas de labranzas realizados por el INTA y otras Instituciones durante los últimos 30 años, en diferentes localidades de la Región Pampeana han demostrado que el manejo aplicado, rotaciones, fertilización, y cobertura de rastrojos, fue determinante en la atenuación de las pérdidas de MO del horizonte superficial (0-20 cm) ver *Figura 7*.

Figura 7. Disminución del contenido de Materia Orgánica (MO) del suelo (0-20 cm), luego de diez años bajo diferentes secuencias de cultivo con labranzas cero.

Fuente: Oliverio G. 1992. Fundación Producir Conservando.



\*\*El maíz y el trigo fueron fertilizados con N. El ensayo comenzó en 1980 y los datos mostrados corresponden a 1989.

## b- Medidas para mitigar los problemas

### Cultivos de servicio, o Puentes Verdes.

El término "Cultivo de cobertura, de servicio o Puente Verde" se refiere a la siembra de cultivos, generalmente de ciclo invernal, de gramíneas, leguminosas o mezclas de ellas, para que desarrollen biomasa vegetal durante el período tradicionalmente de barbecho entre dos cultivos de cosecha. Se busca con ello brindar algunos servicios al agro ecosistema (aporte adicional de MO, cobertura, mejora de las propiedades físicas del suelo y de su fertilidad, control de malezas, entre otros) que con los barbechos tradicionales se ven afectados.

Esta es una práctica que tiene una serie de beneficios que ayudan a que el sistema agrícola tienda a ser más sustentable.

El hecho de tener un cultivo creciendo, en lugar del barbecho tradicional, nos permite acercarnos a lo que sería el sistema en su estado prístino, con vegetación durante todo el año, que a través de sus raíces, favorecen la actividad biológica, mantienen o mejoran las propiedades físicas del suelo y

devuelven el carbono al sistema, para mantener el contenido de MO.

Según trabajos recientemente publicados, el carbono proveniente de las raíces es cinco veces más retenido en el suelo que el proveniente de los residuos aéreos, (Sebastián Villarino, et al 2018). Por esta razón, debemos sembrar cultivos de servicio que aporten muchas raíces al suelo. Esto favorece la descompactación y permite reciclar la energía captada por el cultivo durante los meses de barbecho.

A pesar de ser esta una práctica ya conocida desde hace más de 50 años, se ha popularizado en la última década entre los productores de labranza cero adoptándose rápidamente desde Córdoba hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, al comprobarse sus efectos benéficos especialmente en suelos degradados.



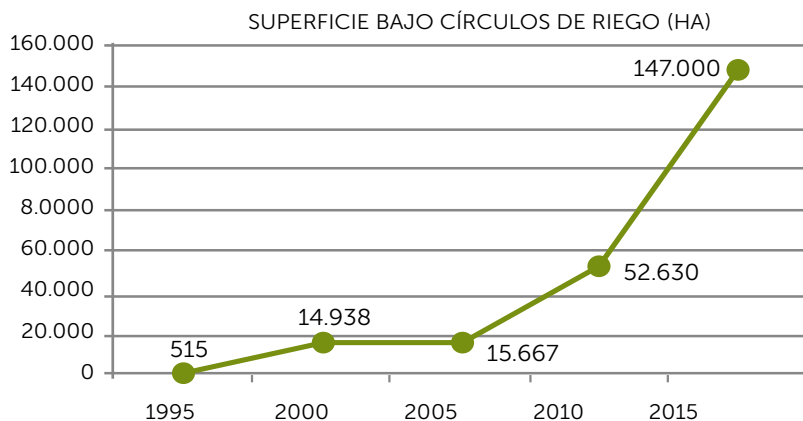
### 3) MANEJO Y CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

#### a- Suelos bajo riego

La provincia de Buenos Aires, posee 12.3 millones de ha cultivables, de las cuales según el Censo Agropecuario 2002, se riegan 166.500 ha, de ellas 89.660 ha se realizan utilizando el sistema de riego por aspersión y dentro de éste, el método por pivote central es el más empleado. Las áreas irrigadas en cultivos extensivos mediante este sistema se incrementaron en forma exponencial desde mediados de la década del noventa (Figura 8).

**Figura 8. Evolución de la superficie de círculos de riego en la Provincia de Buenos Aires desde 1995 a 2015.**

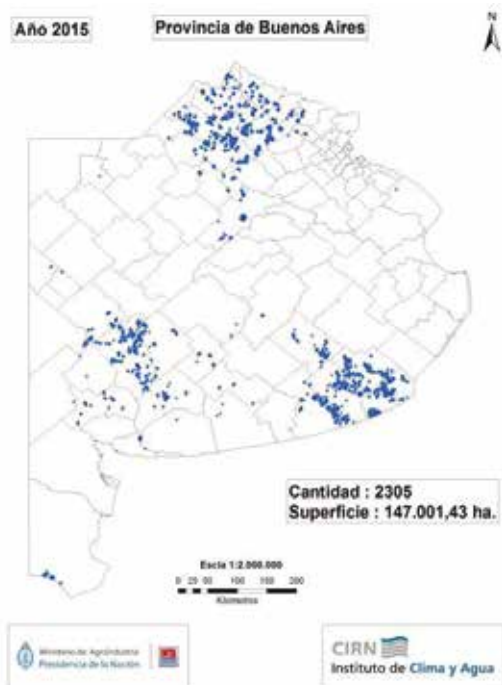
Fuente: Barrionuevo N; German. L. y C. Waldman. Instituto de Clima y Agua, INTA, 2016.



Dentro de la Pcia. de Buenos Aires pueden identificarse tres grandes sectores con concentración de círculos de riego (Figura 9).

**Figura 9. Localización y Distribución de círculos de riego por aspersión en la Pcia de Bs. As. 2015.**

Fuente: Barrionuevo N; German L y C. Waldman, Instituto de Clima y Agua. INTA 2016.



#### b- Degradación de suelos por efecto del riego continuo, con aguas Bi Carbonatadas sódicas.

Dentro de los procesos que pueden degradar los suelos hemos mencionado la pérdida de materia orgánica y la compactación, ahora analizaremos el proceso de sodificación.

El aumento de la concentración de sodio en los horizontes del suelo se denomina sodificación. La sodificación primaria implica el depósito de sodio mediante procesos naturales debido a un alto contenido de sales en la propia tierra o en las aguas que infiltran y percolan produciendo el lavado de los horizontes superiores y acumulando el sodio en las capas inferiores con drenaje imperfecto.

La sodificación secundaria está causada por las intervenciones del hombre, tales como prácticas de riego inapropiadas, por ejemplo riego continuo con aguas bicarbonatadas sódicas, en zonas con drenaje insuficiente.

La acumulación de sales (particularmente sales sódicas) es una de las principales amenazas fisiológicas para los ecosistemas.

### Efectos perjudiciales:

- Reducen la absorción de nutrientes de las plantas.
- Disminuyen la calidad del agua, con lo que afectan al desarrollo vegetal,
- Alteran el metabolismo de los organismos del suelo y disminuye la fertilidad del suelo.
- El exceso de sodio produce la dispersión de los agregados destruyendo la estructura del suelo, favoreciendo la compactación, luego la falta de oxígeno, es incapaz de sustentar el crecimiento de las plantas.

En un estudio realizado en el partido de Balcarce, durante los años 2009, a 2018 en establecimientos con más de 15 años de riego continuos, se realizaron determinaciones del % de Sodio en el complejo de intercambio del suelo (PSI), a dos profundidades 0-20 y 0-40 cm, dentro y fuera de los círculos de riego determinándose a la vez los valores de densidad aparente del suelo a dos profundidades y la relación de adsorción de sodio RAS en el agua de riego (Tabla 3).

Tabla 3. Cambios observados en el PSI, en seis de los 40 lotes o círculos de riego, ensayados entre el 2014 y el 2018.

Fuente: Darwich datos no publicados.

LOTE	PROF. CM	PSI %			
		FUERA DEL CÍRCULO 2014	DENTRO DEL CÍRCULO 2014	FUERA DEL CÍRCULO 2018	DENTRO DEL CÍRCULO 2018
9	0-20	0,83	4,46	0,60	7,80
	20-40	0,99	8,17	0,80	10,40
10	0-20	0,99	3,53	0,60	5,10
	20-40	1,21	8,31	0,90	7,90
MU	0-20	1,18	3,72	0,90	8,20
	20-40	2,60	8,04	2,90	10,20
LR1	0-20	0,99	3,70	0,70	6,60
	20-40	1,46	6,60	2,10	8,00
LJ1	0-20	0,84	2,67	0,50	3,80**
	20-40	0,92	3,82	0,80	4,80**
E2	0-20	0,24	4,99	0,40	7,70
	20-40	0,45	7,98	0,70	12,40

PSI= Porcentaje de sodio intercambiable. \*\*El lote LJ1 comenzó a regarse en 2013, y se regó solo en dos ciclos de cultivo.

### c- Medidas para mitigar los problemas.

#### Enmiendas

La aplicación de Sulfato de Calcio en dosis de 1 a 2 t por ha, tiende a reemplazar al Sodio por Calcio dentro del complejo de intercambio, el problema es que una vez desplazado el Sodio necesita ser lavado (arrastrado del sitio) para resolver el problema. Esto en suelos de textura Fr o Fr Arenosa, es factible con las lluvias o con riego empleando agua de lagunas o represas con bajo contenido de Sodio. En los suelos del sudeste bonaerense con un horizonte B que normalmente posee 40% o más de arcilla esto es prácticamente imposible. Es decir que podemos disminuir el PSI en los primeros 20 cm luego del aplicado de Yeso, pero difícilmente lo hagamos en profundidad (20 a 40 cm).

Experiencias realizadas, en la zona de Balcarce, aplicando 1, 1,5 o 2 t de Yeso por ha, lograron disminuir levemente el PSI de la capa superficial del suelo, especialmente cuando éstas fueron incorporadas con un disco a la profundidad de 15 cm. La condición sin equanon para lograr este descenso, fue no regar al menos por dos años posteriores a la aplicación, contando con lluvias anuales que superaron la ETP potencial (Darwich N. 2018 información no publicada).

La mejor alternativa, para la zona descrita (la cual no siempre es factible de implementar), es implantar una pastura durante 2, 3 o 4 años para lograr la disminución del contenido de Sodio, recomponer la Materia Orgánica (MO) y mejorar la estructura degradada.

## CONSIDERACIONES FINALES

De acuerdo a la información presentada podemos decir que la Salud de Nuestros Suelos Pampeanos está en riesgo, y que todos los actores de la cadena productiva en el ámbito agropecuario, deberíamos interesarnos al menos por verificar en cada caso el estado de nuestro principal recurso productivo (el suelo que cultivamos).

Realizando un breve resumen podríamos decir que en los últimos 30 años:

1. Hemos duplicado la superficie cultivada a nivel país (Región Pampeana).
2. Aumentamos de 40 a 110 millones de t la producción de granos.
3. Incorporamos unos 30 millones de ha bajo siembra directa.
4. Estamos reponiendo menos del 40% de los nutrientes que nos llevamos del suelo. Aumentamos el uso de fertilizantes de 20 a 100 kg/ha, pero para reponer el 90% de lo que nos llevamos en los granos cosechados, deberíamos triplicar las dosis actualmente empleada.
5. Disminuimos en un 25 a 30% el contenido de Materia Orgánica (MO) del suelo en todo el ámbito pampeano.
6. Disminuimos el nivel de Fósforo (P) disponible del suelo en grandes superficies. Hoy tenemos 15 millones de ha con niveles bajos a muy bajos de P en la Región Pampeana.
7. La falta de cobertura entre cultivos y la compactación sub-superficial de los suelos agrícolas es un problema grave que se extiende rápidamente, ocasionando pérdidas de rendimiento, alterando negativamente el ciclo hidrológico, produciendo encharcamientos y haciendo más difícil el control de malezas, entre otros factores.
8. El incremento de la sodificación de los suelos en lotes regados por varios años es un problema grave que debe ser estudiado y corregido especialmente en las zonas SE y SO de la provincia de Buenos Aires.
9. Hemos mejorado los elementos de diagnóstico y las formas de medición (frecuencia y precisión) pero no estamos integrando todas las mediciones que realizamos y estamos descuidando otras importantes.
10. Si bien en las últimas campañas aumentó la cantidad de análisis de suelos, se está muy por debajo de lo necesario para poder producir en forma eficiente y sustentable.

Alcanzar las metas de producción sostenible requerirá de una sólida estructura científico-tecnológica, regulaciones adecuadas, inversiones en infraestructura, transferencia tecnológica, monitoreo ambiental, desarrollo de indicadores claros, precisos y efectivos, cambios organizacionales y, sobre todo, vigorosos esfuerzos por la educación y la capacitación de la población en materia de sostenibilidad. (Andrade 2017).

### Bibliografía

- AAPRESID. 2017. *Evolución de Siembra Directa en Argentina Campaña 2016-2017*. Santiago Nocelli Pac. Online.
- Andrade Fernando. 2017. *Los desafíos de la agricultura argentina* INTA Ediciones 2017 ISBN 978-987-521-860-4. 120 pág.
- Andriulo A., ML Galeto, et al 1998. *Efecto de 11 años de riego complementario sobre algunas propiedades fisicoquímicas del suelo*. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo pág. 247-258.
- Barrionuevo N.; German, A.; Waldman C. 2016. *Análisis espacio temporal del riego por pivote central en la provincia de Buenos Aires en el período 1995-2015*. XVII Simposio Internacional Puerto Iguazú, Misiones, Argentina, Noviembre de 2016.
- Botta, G.F.; Jorajuría, D.; Balbuena, R.H. y H. Rosatto. 2004. *Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect of soybean* (Glycine max. L. Merrick) Soil & Tillage Research, 78: 53-58.
- Casas, R.; M. Albarracín. 2015. *El Deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina*. PROSA. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua. Editorial FECIC. INTA, CIRN Buenos Aires. 608 paginas.
- Costa, J. L. y V. Aparicio. 2000. *Efecto del sodio en la degradación de suelos del sudeste de la Provincia de Bs. As. Argentina*. XI Conferencia de la Organización Internacional para la Conservación del Suelo ISCO Buenos Aires pág. 15 -16 (Mimeo).
- Costa J. L. y Aparicio. V. 2002. *Determinación del deterioro de suelos con bajo PSI mediante propiedades físicas y químicas*. XVIII Congreso Argentino de la ciencia del suelo, pag 1 a 7.



- Costa J. L. y V. Aparicio. 2007. *Efecto de baja sodicidad generada por riego suplementario sobre propiedades físicas de suelos de la argentina*. Congreso Internacional de Riego y Drenaje. 22- 24 de mayo. La Habana Cuba.
- Costa J. L. y V. Aparicio. 2008. *Evaluación de propiedades químicas y físicas en lotes con pivot central en el sudeste de la provincia de Buenos Aires*. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, San Luis (16-18 Mayo).
- Darwich N.A. 1983. *Niveles de P disponible en los suelos pampeanos*. IDIA 409-412; pag 1-5. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Darwich N.A. 1986. *Nutrient Deficiencies and Fertilizer consumption in the Argentine Pampas*, Better Crops International, June 1986, Vol 2 N° 1; pages 14 - 15.
- Darwich N.A. 1989. *Manual de Fertilidad de Suelos*. (1ª Edic), EniChem Agricultura, Milán, Italia. 147 páginas. 1989.
- Darwich N.A. 1991. *Fertilizantes Minerales, Nuevo balance de requerimientos*, In: "Juicio a nuestra agricultura". INTA Editorial Hemisferio Sur, pag. 311- 317
- Darwich N.A. 1993. *Siembra Directa y Balance de Nutrientes*, Revista CREA, N° 161, páginas 158 -162.
- Darwich N.A. 1994. *Los sistemas Mixtos y la Fertilidad de los Suelos*, Conferencia, 2do Simposio Tecnológico AACREA. Buenos Aires, septiembre 1994. Mimeo 17 páginas.
- Echeverría, H. E. y F. O. García. 1998. *Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja*. Boletín Técnico 149. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce, 18 páginas.
- Fabrizzi, K. P.; F. O. García; J. L. Costa; L. I. Picone. 2005. *Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina*. Soil & Tillage Research 81: 57-69.
- FAO 1988. *Anuario de Fertilizantes*, Vol. 37. Roma, Colección FAO Estadística N° 83, pag 123.
- FENAPP 2018. *Federación Nacional de Productores de Papa Online*, área sembrada 2015/16 y , área sembrada 2017-18.
- García, F.O. 2001. *Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana*. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, INPOFOS 9:1-3.
- Gerster G. R y Bacigaluppo S. 2004. *Aportes de las gramíneas de invierno a la sustentabilidad del sistema* Estación Exp Agrop INTA Oliveros A E R Roldán 2004
- Jorajuría D. 2009. *Sobrecompactación del suelo agrícola. Parte I: Influencia diferencial del peso y del número de pasadas*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4 (3) pag. 445-452.
- Marini M.F 2015, *Determinación de la superficie bajo riego con pivot central en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) utilizando imágenes satelitales*, Rev. Facultad de Agronomía UBA, 35(2): 109-119, 2015.
- Mur M. & R.H. Balbuena 2014. *Compactación de un suelo argiudol típico por tráfico en un sistema de producción de forrajes*. Ciencia del Suelo, vol. 32, N° 1. Junio 2014.
- Oliverio G y col. 1992. *Efecto de diferentes secuencias de cultivo, sobre la disminución del contenido de materia orgánica del suelo*. Fundación Producir Conservando. Buenos Aires, Argentina.
- Pla Sentís I, 2006. *Problemas de Degradación de Suelos en América Latina. Evaluación de Causas y Efectos*. ActasX Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, pag.1-13.
- Ramírez, L., y J. C. Porstman. 2009. *Evolución de la frontera agrícola. Campañas 80/81-06/07*. Revista Agro mensajes de la Facultad. <http://www.fcagr.unr.edu.ar>
- Quiroga A., D. Funaro, R. Fernández, E. Noellemeyer. 2005. *Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana*. Revista Ciencia del Suelo 23 (I):79-86.
- Quiroga A. y C. Gaggioli, 2011. *Condiciones para el desarrollo de producciones agrícolas-ganaderas en el S.O. Bonaerense. Panel Suelos: Gestión del agua y viabilidad de los sistemas productivos*. Anales EEA INTA Anguil, pag. 233-249.
- Sainz Rozas, H., H. E. Echeverría, y H. P Angelini. 2011a. *Fósforo extractable en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extra pampeana de Argentina*. Informaciones Agronómicas. 4: 14-18.
- Sainz Rozas, H., H. E. Echeverría, y H. P. Angelini. 2011b. *Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extra pampeana Argentina*. Informaciones Agronómicas. 2: 1-7.
- Sainz Rozas H., M. Eyherabide, H.E. Echeverría, et al 2013. *Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos*. Simposio IPNI Rosario 2013.
- Studdert G. 2013. *Sistemas de cultivo: La herramienta para manejar la dinámica del carbono orgánico del suelo: In Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos*, Buenos Aires 2013.
- Studdert y col. 2015. *Manejo del suelo e intensificación agrícola. Agua y Materia Orgánica*. A. Quiroga y G. Studdert, Capitulo 3 pag. 73 a 100. In: Echeverría H y F.O García. *Fertilidad de suelos y Fertilización de Cultivos*, INTA- IPNI 2015.
- Villarino S.; Piñeiro G. y Pinto P. 2018. *Cuáles son los mecanismos que explican la mayor humificación de las raíces respecto de los residuos aéreos*. Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo San Miguel de Tucumán, pag. 1434-1439.

