



Recuperación de la productividad en suelos degradados

por Ings. Agrs. [Rodolfo Mon](#) y [Carlos B. Irurtia](#) (Técnicos del Instituto de Suelos)

Acuerdo de Asistencia Técnica entre el Instituto de Suelos del Centro de Recursos Naturales del INTA y Agrotecnica Las Rosas SRL

Antecedentes

En Agosto de 1999, el Instituto de Suelos del INTA y Agrotécnica Las Rosas SRL firmaron un Acuerdo de Asistencia Técnica con el objetivo de desarrollar tecnologías dirigidas a la recuperación física y química de los suelos degradados.

El Instituto de Suelos viene desarrollando históricamente investigaciones sobre la degradación del suelo en la Argentina y su impacto en la producción. En un estudio concluido a fines de la década del 1980, se determinó que los suelos del sector norte de la región pampeana han sufrido pérdidas importantes de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, calcio y azufre. Por otra parte presentaban importantes pérdidas de estabilidad estructural y de su capacidad de percolar agua. El área presentaba el 68 % de su superficie afectada por erosión leve, con pérdidas de hasta 5 cm de espesor del suelo superficial y el resto erosión moderada a grave, con pérdidas entre 5 y 20 cm de suelo.

La expresión visual de este proceso en el campo, son las zanjas de erosión, el suelo "planchado" y la presencia de "pisos de arado". Desde el punto de vista productivo la degradación es muy restrictiva de su potencialidad productiva, y disminuye los rendimientos de los cultivos. El cultivo más afectado es el maíz, por ello es el primer cultivo en ser eliminado de las rotaciones.

Los nuevos paquetes tecnológicos apuntan a altos rendimientos y presuponen que el productor dispone de un suelo de calidad y salud excelente. Como se mencionó anteriormente los suelos agrícolas de la región pampeana han sufrido diferentes grados de degradación, y en muchos casos distan mucho de presentar si quiera un grado aceptable de calidad y salud.

Estas conclusiones impulsaron a los técnicos del Instituto de Suelos a investigar la recuperación de las propiedades físicas y químicas de los suelos degradados y erosionados mediante labores mecánicas y enmiendas con productos químicas.

La empresa Agrotécnica Las Rosas, fabricante del implemento de labranza profunda Culti-vie, consiente del problema existente de degradación, aceptó participar en esta línea de investigación. Al cabo de tres años de trabajo en conjunto, se diseñó un prototipo y se realizaron ensayos comparativos en campos demostrativos de productores, con excelentes resultados que avizoran un futuro promisorio.

Recuperación de la productividad de suelos degradados mediante el subsolado con agregado de yeso

Introducción

Durante la década del 90 se produjo en las Pampas argentinas un gran aumento de la producción total de granos, pasándose de 35 millones a 65 millones de toneladas anuales. Esto se debió, en gran medida, a la incorporación masiva de nuevas tecnologías. La aparición de variedades transgénicas resistentes a herbicidas y a insectos, el uso cada vez más racional de los fertilizantes y la irrupción de la siembra directa, fueron sin duda los pilares de semejante salto productivo.

La amplia difusión de estas tecnologías hizo que la siembra directa, prácticamente desconocida a inicios de la década, en la actualidad ocupe más de 11 millones de hectáreas. El

proceso de difusión y adopción de estas tecnologías fue más intenso entre los productores de la región pampeana involucrando a todo tipo de suelos, y a una gran diversidad de historias agrícolas.

Es sabido que la región está afectada por procesos de degradación y erosión de suelos en diferentes grados, es frecuente encontrar tanto degradación química como física. Entre los procesos de degradación química más importantes se tiene a la pérdida de materia orgánica y de nutrientes (nitrógeno, fósforo, calcio y azufre). También son frecuentes los procesos de acidificación y últimamente se ha encontrado respuesta favorable a la fertilización con azufre (Martínez F y G. Cordone, 1998 y 2000).

Los procesos de degradación física implican una pérdida importante de estructura que se ve reflejada principalmente en la mayor frecuencia de suelos "planchados o encostrados", suelos compactados superficialmente o subsuperficialmente "pisos de arado", mayor escurrimiento superficial y altas tasas de erosión, con erosión laminar y en surcos, (Michelena y col. 1986).

En los suelos muy erosionados y degradados los valores de ciertos parámetros edáficos están muy por debajo de los valores recomendados y consecuentemente las respuestas productivas son muy bajas. Esto se acentúa cuando, en suelos degradados, se pasa de un sistema de labranza convencional al de siembra directa. El lote en cuestión puede presentar una historia poco favorable, con un prolongado período durante el cual la erosión y la degradación del suelo minaron sus reservas y con ello su productividad futura. Morrás y col. 2000, encontraron una respuesta favorable en estos suelos, cuando se combinada el subsolado con siembra directa.

Los suelos Argiudoles de la región pampeana, cuando presentan erosión severa el horizonte arcilloso B2t está muy cerca de la superficie y a veces es parte del horizonte superficial. Esta característica de los suelos erosionados es muy restrictiva de su potencialidad productiva, y disminuye drásticamente los rendimientos de los cultivos. El cultivo más afectado es el maíz, con pérdidas del 44% en erosión severa, (Iruetia y Mon, 2000). Por esta razón el cultivo del maíz tiende a desaparecer de las rotaciones en los suelos severamente erosionados y/o degradados. Esto tiene consecuencias negativas muy importantes para la conservación del suelo, dado que el aporte de materia orgánica que hace el maíz a través de sus rastros, no es compensado por los otros cultivos de la rotación.

En los suelos erosionados y degradados es muy difícil lograr una respuesta productiva satisfactoria aún aplicando el nuevo paquete tecnológico, muchas veces es frustrante para el productor, porque la inversión en tecnología no es adecuadamente recompensada por los rendimientos de los cultivos. Esto desanima a los productores dado que la ecuación económica no cierra satisfactoriamente. En parte este problema surge por que las metas productivas a las que apuntan los nuevos paquetes tecnológicos, presuponen que el sistema productivo dispone de un suelo de calidad y salud excelente. Como se mencionó anteriormente los suelos agrícolas de la región pampeana han sufrido diferentes grados de degradación, y en muchos casos distan mucho de presentar si quiera un grado aceptable de calidad y salud.

Para mejorar o recuperar la productividad de los suelos degradados y erosionados de la región pampeana, se trabajó principalmente en el restablecimiento de la fertilidad nitrogenada y fosforada, sin prestarle demasiada atención a los procesos de degradación física tan comunes en la región. No obstante, se realizaron trabajos basados principalmente en la aplicación de enmiendas y subsolado para mejorar las condiciones físicas del suelo y corregir el pH. Mientras que la corrección del pH con enmiendas cálcicas fue bastante exitosa (Casas, y Michelena, 1997) los resultados en recuperación de las propiedades físicas fueron poco satisfactorios (Puricelli y Legasa, 1973; Pilatti y Antille, 1985 y Priano y col. 1986).

Orellana, en 1989, trabajando en laboratorio con muestras de suelo de un horizonte B2t, encontró que la cal disminuía la expansibilidad y penetrabilidad del suelo, lo que podría mejorar la exploración radical de los cultivos.

En ese sentido, Jayawardane y Blackwel en Sudáfrica, 1986, y Greene y Wilson en Canadá, 1984, encontraron respuestas favorables cuando se combinó la labranza profunda con yeso (4 t/ha) en bandas de 10 cm de ancho por 40 cm de profundidad separadas entre sí 60 cm. Concluyeron que, la fuerza iónica del yeso disuelto en combinación con la arcilla, induce a la

fragmentación fina generando una mayor cantidad de agregados friables, mientras que la fracción no disuelta presente en el suelo, atenúa las características de plasticidad propias de las arcillas, favoreciendo el movimiento del agua y el crecimiento de las raíces en el suelo.

El objetivo de este trabajo es recuperar la productividad de suelos muy degradados y erosionados mediante una metodología de shock basada en la descompactación y el agregado simultáneo de yeso, para lograr un rápido e importante mejoramiento de sus propiedades físicas y químicas.

De esta manera se pretende optimizar la oferta edáfica para aumentar los rendimientos de los cultivos, incrementar el volumen de residuos de cosecha y ampliar la exploración de raíces. De esta forma permitir la inclusión del maíz en la rotación, pieza clave para el mejoramiento del suelo mediante la rotación de cultivos.

Tabla de contenido

[\[Materiales y Métodos\]](#) [\[Ensayos a campo\]](#) [\[Resultados\]](#) [\[Conclusiones finales\]](#) [\[Bibliografía\]](#)

Materiales y Métodos

Construcción de un prototipo

Para la realización del trabajo propuesto se proyectó y construyó un prototipo capaz de aflojar el suelo hasta 30-40 cm de profundidad descompactándolo, y agregando simultáneamente en esa profundidad yeso para estabilizar el efecto físico logrado. Esta herramienta también debería ser capaz de distribuir fertilizantes en profundidad sin remover los residuos superficiales. Se buscó descompactar el suelo hasta los 30 cm, y aplicar yeso para mejorar sus propiedades físicas y químicas, todo en una sola pasada.

La aplicación en el terreno de la herramienta propuesta permitiría recuperar rápidamente algunas propiedades físicas y químicas del suelo y de esta manera obtener una rápida respuesta productiva.

El mejoramiento general del suelo permitiría incorporar cultivos abandonados en los suelos muy degradados como el maíz, y de esta manera iniciar una etapa de recuperación del suelo, combinado con prácticas como la siembra directa, rotaciones incluyendo al maíz, descompactación y fertilización programada. Se supone que los efectos físicos positivos derivados de la descompactación del suelo con el agregado de yeso se mantienen por varios años facilitando así su amortización.

[\[arriba\]](#)

Ensayos a campo

Se realizaron, en campo de productores, dos ensayos comparativos, uno en Salto (Provincia de Buenos Aires) y el otro en Bouquet (provincia de Santa Fe). Los tratamientos planteados fueron:

- I) Culti-vie, con agregado de 500 kg/ha de yeso
- II) Culti-vie
- III) Testigo

Los tratamientos, Culti-vie + yeso y Culti-vie, se hicieron una sola vez, para monitorear su efecto en el tiempo.

El agregado de yeso granulado* a razón de 500 kg/ha, en bandas de 5 cm de ancho separadas 70 cm, representa en cada banda, una dosis de 7 t/ha.

Las parcelas en Salto fueron 3 parcelas simples de 12 m de ancho por 120 m de largo, mientras que en Bouquet se hicieron 3 bloques al azar, con parcelas de 40 m de ancho por 100 m de largo.

En estas parcelas se hicieron determinaciones de densidad aparente (dos repeticiones por parcela), resistencia a la penetración con penetrómetro de golpes (dos repeticiones por

parcela), y simulación de lluvia (una determinación por parcela).

Los dos campos estaban bajo siembra directa, en el de Salto desde hace 10 años y en el de Bouquet desde hace 3. La cosecha se realizó con cosechadora mecánica, por recolección total de la parcela experimental. Previo a la cosecha se tomaron en cada parcela dos submuestras de un metro de largo cada una, en las que se determinaron los siguientes parámetros del cultivo:

- Número de plantas
- Altura
- Número de nudos
- Número de vainas
- Número de ramas
- Peso de 100 semillas

*Yeso granulado donado por la firma Azufrar S.A.

Correo electrónico: yesomat@yesomat.com.ar

[[arriba](#)]

Resultados

Para la construcción del prototipo necesario para este trabajo, se contactó a la empresa Agrotécnica Las Rosas que decidió la construcción de un prototipo experimental, siguiendo ideas desarrolladas en Instituto de Suelos del INTA de Castelar. De acuerdo con los objetivos propuestos Agrotécnica Las Rosas construyó un prototipo sobre la base de su tradicional equipo de labranza profunda, el Culti-vie.

El prototipo construido consta de dos láminas descompactadoras finas, de acero especial y dos cuchillas circulares separadas 70 cm, con dos tolvas con dosificadores individuales. La herramienta está capacitada para entregar 500 kg/ha de yeso granulado, en bandas separadas 70 cm, a una profundidad variable entre los 15 y 30 cm.



Gráfico 1.

Subsolador de cuchilla curva fina con aplicador de enmiendas en profundidad

Ensayo realizado en Salto

El ensayo se realizó sobre un suelo de la serie Arroyo Dulce (Argiudol típico), severamente erosionado, en un espacio entre terrazas con 2 % de pendiente. Presenta un horizonte AP (mezcla de horizonte A y B2t) de profundidad variable (12 a 3 cm), pobre en materia orgánica, y en fósforo, tabla 1.

Fecha del subsolado: 16 de julio del 2000.

Profundidad	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
Mat. Orgánica %	2,78	2,22	1,60	1,10
Fósforo asim. Ppm	8,1	1,1	0,7	0,3
pH en agua	5,8	5,7	5,9	6,1

A los 7 meses de aplicado el Culti-vie se realizaron las determinaciones físicas programadas. La aplicación del Culti-vie incrementó 6,9 y 14,7 % la porosidad total del suelo superficial, con respecto al suelo no tratado con Culti-vie tabla 2

Tratamiento	Densidad aparente Gramos/cm ³	Porosidad Total %	Incremento %
-------------	--	-------------------	--------------

Culti-vie+yeso	1,33	49,6	6,9
Culti-vie	1,24	53,2	14,7
Testigo	1,42	46,4	0,0

La aplicación de la lluvia simulada, a los 7 meses de aplicado el tratamiento mostró un comportamiento diferente entre los tratamientos. El tratamiento Culti-vie +yeso infiltró el 63 % del total de la lluvia y mantuvo la tasa de infiltración más alta, mientras que el testigo presentó los valores más bajos, tabla 3.

Tratamiento	Lluvia mm	Lluvia efectiva %	Infiltración		
			Total mm	Media mm/h	Final mm/h
Culti-vie+yeso	120	63	74,2	74,2	63
Culti-vie	120	39	46,0	46,0	33
Testigo	120	34	41,2	41,2	18

Los rendimientos de soja de primera (período 2000-2001), en el tratamiento Culti-vie + yeso, fue superior al testigo en 628 kg/ha lo que representa un incremento del 17,6%. En el tratamiento Culti-vie el aumento de la producción fue de 216kg/ha o sea del 6% con respecto al testigo, tabla 4.

Casi a los 2 años de realizado los tratamientos con Culti-vie, se obtuvieron en soja de segunda (período 2001-2002), en el tratamiento Culti-vie+ yeso, los mejores rendimientos, tabla 5.

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Diferencia	
		En Kg	En %
Culti-vie+yeso	4200	628	17,6
Culti-vie	3788	216	6,0
Testigo	3572	0	0

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Diferencia	
		En Kg	En %
Culti-vie+yeso	2525	325	14,8
Culti-vie	2320	120	5,5
Testigo	2200	0	0

Conclusiones del ensayo realizado en Salto

Si bien el tratamiento del suelo con Culti-vie produce un mejoramiento de sus propiedades físicas cuando se combina con yeso presenta los mejores resultados productivos. De acuerdo a estos resultados se detectan dos efectos, por un lado el efecto subsolador y por el otro el efecto yeso. Mientras el primero logra un rápido restablecimiento de las propiedades físicas, el yeso proporciona un rápido mejoramiento de su fertilidad por mayor disponibilidad de azufre y calcio.

La dosis aplicada constituye una reserva de esos nutrientes para varias cosechas. Los tratamientos con Culti-vie, aún después de 2 años de aplicados presentan incrementos

productivos importantes que favorecen su amortización económica.

Ensayo realizado en Bouquet, Provincia de Santa Fe.

Este ensayo fue realizado y supervisado por el Ing. Agr. Néstor Padullés, profesional de la Cooperativa Agrícola de Bouquet. El ensayo se realizó en un suelo de la Serie Marcos Juárez (Argiudol típico) fase moderada a severamente erosionado, que presentaba una clara tendencia declinante en cuanto a su producción de granos. El suelo presentaba bajos niveles de materia orgánica y fósforo, tabla 6.

El subsolado y enyesado del suelo se realizó el 22 de septiembre del 2001.

Tabla 6. Algunas características del suelo del ensayo realizado en Bouquet.

Profundidad	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
Mat. Orgánica %	2,15	2,10	1,29	0,88
Fósforo asim. Ppm	14,0	13,31	12,4	17,1
pH en agua	5,6	5,7	5,9	5,9

A los 5 y 9 meses de iniciado el tratamiento se realizaron muestreos de suelos para el control de sus parámetros físicos. Las determinaciones de densidad aparente y porosidad total indican que a los 9 meses de aplicado el Culti-vie se mantiene una mayor porosidad en el suelo con respecto al testigo sin tratar, tabla 7.

Tabla 7a. Densidad aparente y porosidad a los 5 y 9 meses de realizado el subsolado del suelo (a los 5 meses)

Tratamiento	Densidad aparente Gramos/cm ³ *	Porosidad Total %	Incremento %
Culti-vie+yeso	1,116 a	57,9	10,3
Culti-vie	1,180 a	55,5	5,5
Testigo	1,258 b	52,5	0,0

Tabla 7b. Densidad aparente y porosidad a los 5 y 9 meses de realizado el subsolado del suelo (a los 9 meses)

Tratamiento	Densidad aparente Gramos/cm ³ *	Porosidad Total %	Incremento %
Culti-vie+yeso	1,162 a	56,2 a	9,3
Culti-vie	1,157 a	56,3 a	9,5
Testigo	1,288 b	51,4 b	0,0

* En la misma columna letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,01$ por test de Duncan

Los tratamientos con Culti-vie, después de 9 meses de realizado el tratamiento mantienen un grado de aflojamiento del suelo, hasta los 30 cm de profundidad, del orden del 46 al 60 % con respecto al testigo. Los valores absolutos de resistencia a la penetración, en el testigo, supera los 4 Mpa mientras que en los tratamientos subsolados varían entre 1,45 y 3,36 Mpa, tabla 8. Se considera que valores superiores a 2 Mpa pueden presentar alguna restricción al crecimiento y desarrollo de las raíces de los principales cultivos

Tabla 8. Resistencia a la penetración hasta los 30 cm de profundidad en Mpa. A los 5 meses, con una humedad del suelo entre 15 y 20 %

Tratamiento	Nº de golpes *	Resistencia a la Penetración Mpa *	Grado de Aflojamiento** %
-------------	----------------	------------------------------------	---------------------------

Culti-vie+yeso	32 a	1,45 a	70,0
Culti-vie	79 ab	3,36 ab	30,4
Testigo	106 bc	4,83 bc	0,0

*En la misma columna letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$, por test de Duncan.

** Grado de Aflojamiento (GDA) según: de Tola, E.H.M; J. Muller y K. Koller (2000)

GDA = $(1 - \text{RPDT}/\text{RPAT}) \cdot 100$

Donde:

GDA: grado de aflojamiento %

RPDT: Resistencia a la Penetración después del Tratamiento.

RPAT: Resistencia a la Penetración Antes del Tratamiento.

Tabla 8bis. Resistencia a la penetración hasta los 30 cm de profundidad en Mpa. A los 9 meses, con una humedad del suelo entre 15 y 17 %			
Tratamiento	Nº de golpes *	Resistencia a la Penetración Mpa *	Grado de Aflojamiento** %
Culti-vie+yeso	47 a	2,14 a	46,8
Culti-vie	35 a	1,60 a	60,2
Testigo	88 b	4,02 b	0,0

*En la misma columna letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, $p < 0,05$, por test de Duncan.

** Grado de Aflojamiento (GDA).

Los datos de la simulación de lluvias, muestran que la infiltración de la lluvia aplicada es mayor en los tratamientos con Culti-vie que en el testigo, tabla 9. A los 9 meses de aplicado los tratamientos las parcelas con Culti-vie captan entre el 70 y el 82 % del total de la lluvia mientras que el testigo el 50,8 %, tabla 9.

La tasa de infiltración final se mantiene alta en los tratamientos con Culti-vie, 42 y 34 mm/hora, mientras que en el testigo descendía a 10 mm/hora, tabla 9

Tabla 9. Infiltración de una lluvia medida con simulador de lluvias, humedad del suelo entre 15 y 17 % A los 5 meses del subsolado					
Tratamiento	Lluvia mm	Lluvia efectiva %	Infiltración		
			Total mm	Media mm/h	Final mm/h
Culti-vie+yeso	60	54,2	32,5	32,5	18
Culti-vie	60	72,5	43,5	43,5	18

A los 9 meses del subsolado					
Tratamiento	Lluvia mm	Lluvia efectiva %	Infiltración		
			Total mm	Media mm/h	Final mm/h
Culti-vie+yeso	60	82,8	49,7	49,7	42
Culti-vie	60	70,5	42,3	42,3	34
Testigo	60	50,8	30,5	30,5	10

El muestreo de plantas de soja para caracterizar el estado del cultivo en los distintos tratamientos, presentó diferencias interesantes, tabla 10:

Tratamiento	Altura	Nudos	Vainas	Ramas	P/100sem
Culti-vie+yeso	103,73	19,70	43,39	2,91	19,00
Culti-vie	106,44	19,80	38,60	2,38	17,00
Testigo	77,09	15,30	23,87	2,02	15,00

Los parámetros del cultivo señalan con claridad que el tratamiento combinado de subsolador más yeso presenta en conjunto las mejores características morfológicas relacionadas con la producción de granos y biomasa vegetal. Presenta un mayor número de nudos ramas y vainas, como así también un mayor peso de 100 semillas. Esto indica que el agregado de yeso, (fuente de azufre y calcio) provocó un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas. Si bien el tratamiento con Culti-vie presentó diferencias con el testigo, la combinación con el yeso brindó la mejor conformación de planta y la mayor producción de biomasa vegetal.

Los rendimientos obtenidos en grano, señalan importantes diferencias a favor del tratamiento combinado de subsolado con agregado de yeso, tabla 11. En ese tratamiento se obtuvo un incremento de rendimiento con respecto al testigo de 1073 kg/ha, que representa un incremento de casi el 35%.

En el tratamiento Culti-vie el incremento fue de 135 kg/ha lo que representa un incremento del 4,4 %, tabla 11.

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Diferencia	
		En Kg	En %
Culti-vie+yeso	4161	1073	34,7
Culti-vie	3223	135	4,4
Testigo	3088	0	0

Conclusiones del ensayo en Bouquet

La combinación del Culti-vie con la aplicación de yeso subsuperficial mostró los mejores resultados productivos a pesar de que los beneficios a las propiedades físicas del suelo proporcionados por el Culti-vie son semejantes en ambos tratamientos. El agregado de una cantidad importante de azufre y calcio solubles, en el suelo a una profundidad de 15- 25 cm tuvo un marcado efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo de soja, que se reflejó en sus parámetros vegetales.

Estas características fueron fácilmente percibidas por los productores de la zona que fueron invitados a visitar el lote. De estas observaciones surge que, las parcelas con yeso presentan un color verde más intenso, un desarrollo mayor y más parejo y una mayor densidad de vainas de desarrollo normal.

[\[arriba\]](#)

Conclusiones finales

Si bien el tratamiento del suelo con Culti-vie produce un mejoramiento de sus propiedades físicas cuando se combina con yeso presenta los mejores resultados productivos. Hay un doble efecto, por un lado se mejoran las características físicas del suelo que aumentan la captación de agua pluvial y la exploración radicular y por el otro hay un mejoramiento de la fertilidad del suelo por mayor disponibilidad de azufre y calcio.

La alta dosis de yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 500 kg/ha representa una aplicación teórica de 85 Kg/ha de azufre y 115 Kg/ha de calcio, de fácil asimilación para las plantas. El agregado en bandas separadas 70 cm, de una cantidad importante de azufre y calcio solubles al suelo, en una profundidad muy apropiada para la captación de esos nutrientes por las raíces, tuvo una

marcada respuesta en el crecimiento y desarrollo del cultivo de soja, que se reflejó también en los parámetros morfológicos vegetales del cultivo. El yeso así agregado al suelo, constituye una gran reserva de esos nutrientes, que puede ser utilizada posteriormente en las cosechas futuras.

Las modificaciones físicas producidas por el Cultivo al suelo, presentan también una residualidad importante después de 9 meses de su aplicación, lo que hace suponer que sus efectos se prolongarán en el tiempo por un lapso mayor, aún no determinado.

Esta práctica aplicada al cultivo de soja produce un impacto productivo de magnitud, en suelos muy degradados y erosionados, permite obtener una rápida puesta en la producción de granos. Por otra parte, al producirse una mayor cantidad de rastrojos y mejorar la tasa de infiltración, se disminuyen los riesgos de erosión aumentando la sostenibilidad del sistema

[arriba]

Bibliografía

Alcorno, I.S.; J.E.Rechigl - 1993 - Phosphogypsum in agriculture: a review. *Advances in Agronomy*, 49: 55-118.

Blackwell, P.S.; N.S.Jayawardane; T.W.Green; J.T.Wood; J.Blackwell; H.J.Beatty.- 1991 - Subsoil macropore space of a transitional red-brown earth after either deep tillage, gypsum or both. I - Physical effects and short-term changes. *Aust.J.Soil Res.*, 29:123-140.

Casas, R. y R. Michelena. 1997. Estudio de la evolución de propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos agrícolas con enmiendas cálcicas y su efecto en la productividad. Informe Técnico, Biblioteca del Instituto de Suelos del INTA Castelar.

Greene, R S B. y I. B. Wilson. 1984. Some physical-chemical properties of an exposed B horizon of a red-brown earth treated with gypsum. *Aust. J. S. Res.* 22:357-63

Irurtia, C. B. y R. Mon. 2000. Impacto de la erosión hídrica en la producción de granos en Argiudoles típicos de la pampa ondulada. Abstracts of XI International. Soil Conservation Organization Conference. (ISCO 200) Buenos Aires.

Jayawardane, N. S. Y J. Blackwell.1986. Effects of gypsum on infiltration rates and moisture movement in a swelling clay soil. *Soil Use Management* 3:114-118.

Martinez, F. y G. Cordone.1998. Fertilización azufrada en soja. Jornada de azufre UEEA INTA Casilda, Septiembre, Santa Fe , Argentina.

Martinez, F. y G. Cordone.2000. Avances en el manejo de azufre: novedades en respuesta y diagnóstico en trigo soja y maíz. Jornada de actualización técnica para profesionales "Fertilidad 2000" IMPOFOS Cono Sur , Accasuso Buenos Aires, Argentina

Michelena, R.; Irurtia,C.; Vavruska, F.; Mon, R. y A. Pittaluga. 1986. Degradación de suelos en el norte de la región pampeana. EEA-INTA Pergamino, Publ. Nº 6. Buenos Aires Argentina.

Morrás, H.; Irurtia, C.; Ibarlucea, C., Lantín, M. y R. Michelena. 2001. Recuperación de suelos pampeanos degradados mediante siembra directa y subsolado. En *Siembra Directa*. II Ediciones INTA. Editores J.L Panigatti, D. Buschiazzo, y H. Marelli.

Orellana, J. A., 1989. Expansibilidad y penetrabilidad de un horizonte B2t con enmiendas calcicas. *Ciencia del Suelo- Volumen 7-Nº 1-2*, Buenos Aires Argentina.

Pilatti, M. A. y R. Antille, 1985. Labores profundas en Argiudoles del NE santafecino: Incidencias sobre las propiedades edáficas y el comportamiento del girasol *TecniCREA* 5:16-22, Buenos Aires, Argentina.

Priano, L. J. J.; Grenon, D. A. y J. A. de Orellana. 1986. Propiedades químicas que condicionan la estructura edáfica. *Actas XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*.

Puricelli, C. A. y A. Legasa. 1973. Remoción de capas u horizontes endurecidos de un Brunizem. INTA EEA Marcos Juárez, Informe Técnico 8p. Provincia de Córdoba, Argentina.

Tola, E. H. M. ; Muller, J. y K. Koller. 2000. Soil loosening in the seed zone as affected by different no-till furrow openers under different soil conditions and crop residue cover rates.

Abstracts of XI International Soil Conservation Organization Conference. Buenos Aires Argentina

[\[arriba\]](#)