

PRINCIPALES EFECTOS DE LA INTENSIFICACIÓN Y EXPANSIÓN DE LA AGRICULTURA SOBRE LA SALUD DE LOS SUELOS

Roberto R. Casas

Director del Instituto de Suelos
del INTA, Castelar

A partir de 1970 los suelos de la Región Pampeana argentina sufrieron una extraordinaria transformación de la actividad agrícola, caracterizada por el gran aumento de la producción, adopción de moderna tecnología, desarrollo de nuevas formas organizativas de la producción y un acelerado proceso de agriculturización que solamente en dicha región desplazó alrededor de 5 millones de hectáreas de uso ganadero a la agricultura. Desde comienzos de la década se inicia éste proceso de agriculturización en coincidencia con la expansión del cultivo de soja que impacta negativamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y también sobre su integridad. Este proceso creció en el área maicera a una tasa anual del 4 por ciento (Senigagliaesi, 1991). El aspecto más grave de la expansión e intensificación de la agricultura fue el incremento de la erosión hídrica de los suelos, dado su carácter irreversible .

En la década del 80, ya en pleno proceso de «agriculturización» de la Región Pampeana y ante el avance de los procesos degradatorios cobra fuerza el concepto de agricultura conservacionista basada en la reducción de las labranzas, (labranza vertical, cobertura superficial con residuos vegetales y rotaciones que incrementaran el contenido de materia orgánica de los suelos (Casas, 1998). Comienza a difundirse el concepto de calidad del suelo que implica una visión global sobre la conservación no solamente de su integridad física, sino de sus funciones.

Los conceptos sustentados desde la década del 40 para controlar la erosión basados en el mantenimiento de cobertura de rastrojos sobre el suelo y en el aumento de la infiltración y los concernientes a calidad del suelo, se integraron y plasmaron en el sistema de siembra directa, sobre el que el INTA inició investigaciones a través del Instituto de Ingeniería Rural y las Estaciones Experimentales de Pergamino y Marcos Juárez en las décadas del 70 y 80. El sistema comenzó a tener una fuerte difusión desde principios de los 90 merced al impulso brindado por la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), que permitió alcanzar actualmente los 20 millones de hectáreas cultivadas con siembra directa.

Hasta ahora el crecimiento de la producción se logró sobre la base de las nuevas tecnologías, a un creciente nivel de manejo de conocimientos e información por parte de productores y técnicos, y a la capacidad productiva de

las tierras. Sin embargo la calidad natural de nuestros suelos tiene límites, sobrepasados los cuales, la vulnerabilidad de los mismos se vuelve crítica. Si a manera de ejemplo se analiza el consumo anual de nutrientes por los cultivos, se observa que ronda los 4 millones de toneladas, mientras que la reposición es ligeramente superior al millón de toneladas de nutrientes al año (equivalente a unos 2,5 millones de toneladas de fertilizantes). Esta simple ecuación indica un nivel de reposición que varía entre el 25 y 30 por ciento, con un balance negativo que seguramente condicionará las metas productivas a nivel nacional.

La intensificación productiva registrada en los últimos años en la Región Pampeana sin los niveles de reposición de nutrientes necesarios determinó la disminución paulatina de la calidad de los suelos. El fósforo asimilable decreció a un ritmo anual de una a dos partes por millón, el calcio intercambiable un cincuenta por ciento y el pH alrededor de una unidad, por mencionar solamente algunos parámetros indicadores. Las máximas tasas de extracción de nutrientes se dan en el área núcleo (norte de Buenos Aires, sur de Santa Fé y sudeste de Córdoba) y en el centro y norte de Córdoba. En estos sectores, computando la extracción total efectuada anualmente por los cultivos de trigo, soja, maíz y girasol, se extraen entre 14 y 21 kilogramos de fósforo por hectárea y entre 6 y 8 kilogramos de calcio (valores promedios para la región). Se debe considerar que con los rendimientos medios actuales, un maíz extrae por hectárea unos 40 kilogramos de calcio, la soja 30 kilogramos, el trigo 20 kilogramos y la alfalfa alrededor de 160 kilogramos, dependiendo del número de cortes o intensidad del pastoreo (Casas, 2006).

El proceso de acidificación de los suelos en la región pampeana se está extendiendo en función de varios factores concurrentes. La intensificación de la agricultura con incorporación de germoplasma de alto potencial de rendimiento y el uso creciente de fertilizantes nitrogenados, han contribuido a la acidificación de los suelos. Frecuentemente, cuando se planifica mejorar la fertilidad del suelo se piensa casi exclusivamente en el nitrógeno y el fósforo, asumiéndose erróneamente, tal vez por desconocimiento, que existen reservas ilimitadas de calcio y magnesio. También la precipitación pluvial, especialmente en ciclos húmedos extendidos, participa de este proceso de acidificación mediante la erosión hídrica y la lixiviación en profundidad de estos elementos, que son reemplazados por hidrógeno en el complejo de cambio del suelo, constituido principalmente por las arcillas y la materia orgánica. Se estima que la saturación de bases del complejo de cambio, desciende hasta un 30 por ciento por cada unidad de disminución del pH del suelo, hecho frecuente y generalizado en los suelos pampeanos. El proceso de acidificación provoca variaciones en la dinámica de los nutrientes provocando la inmovilización y deficiencia del fósforo, calcio, magnesio y molibdeno, entre otros.

Se estima que en la región pampeana, existen más de 20 millones de hectáreas afectadas por procesos de acidificación de intensidad variada, ubicadas principalmente en el norte de Buenos Aires, centro y sur de Santa Fé, sudeste de Córdoba y noroeste de La Pampa, disminuyendo la productividad de los

suelos de la principal región agropecuaria. Esta situación determina la necesidad de que el productor establezca un plan de «remineralización» de sus suelos consistente en la restitución de los minerales exportados con las cosechas, mediante la adición de enmiendas y fertilizantes, y en algunos casos incluso mejorar los niveles de fertilidad iniciales (Casas, 2007).

Experiencias llevadas a cabo por el Instituto de Suelos del INTA en el área núcleo pampeana con adición de enmiendas cálcicas permitieron comprobar un rápido incremento de calcio intercambiable y la corrección del pH entre 0,5 y 1,5 unidades, como así también la mejora de las propiedades físicas y la actividad biológica. El cultivo de alfalfa con enmienda cálcica alcanzó niveles superiores al 90 por ciento de plantas noduladas, con nódulos grandes y medianos, rojos, localizados principalmente en la raíz primaria y también en raíces secundarias. Todos los tratamientos con enmiendas produjeron incrementos superiores al 50 por ciento de materia seca en alfalfa y aumento del 20 por ciento en producción de grano en soja y maíz (INTA, 1997). Un simple cálculo indica que si en los márgenes brutos de las explotaciones agropecuarias se incluyeran los costos de reposición de nutrientes extraídos por las cosechas, la rentabilidad de los cultivos sufriría variaciones en función del sistema de rotación elegido. Serviría además para demostrar la dificultad de obtener planteos sustentables tanto desde el punto de vista físico como económico, cuando la visión es estrictamente cortoplacista.

La situación descrita, analizada solamente en función de la extracción de nutrientes, es aún más compleja al considerar el sistema productivo dominante basado en el monocultivo de soja, por el impacto en la dinámica de la materia orgánica y en la estructura, que a su vez influyen en la capacidad de almacenaje de agua en el perfil. El escaso volumen de rastrojos de rápida descomposición aportado por el cultivo de soja, determina un balance negativo de la materia orgánica en el mediano plazo. Esta situación, además de incrementar los procesos erosivos en tierras con pendientes, torna inestable la estructura de los suelos especialmente en aquellos con elevados contenidos de limos y arenas finas. Como consecuencia, se obtienen suelos compactados desde superficie o compactados subsuperficialmente en los que el desarrollo de las raíces de los cultivos se concentra en los primeros veinte centímetros. Cuando se llega a esta situación de deterioro físico, se ingresa a un círculo vicioso en el que la respuesta a la adición de fertilizantes es cada vez menor. En estas circunstancias también decrece la eficiencia del uso de fertilizantes especialmente en lo que respecta a nutrientes móviles como el nitrógeno y el azufre, ya que la escasa profundidad de los sistemas radicales limita los mecanismos de intercepción y absorción de nutrientes una vez superada dicha profundidad, lo que determina que una porción importante de dichos nutrientes se lixivie en profundidad.

El proceso de escurrimiento superficial y erosión del suelo transporta nutrientes disueltos y adsorbidos en los sedimentos, lo que depende del tipo de suelo, pendiente del terreno, características de lluvia y sistema de manejo (Marelli

y Arce, 1995; Weir, 2002). Los nutrientes ligados al sedimento tales como el fósforo, potasio y la materia orgánica se pierden durante el proceso de erosión hídrica en proporción a su concentración en el suelo. La mayor parte de los nutrientes perdidos están asociados al material coloidal orgánico e inorgánico donde los nutrientes están adsorbidos. Debe considerarse además la pérdida de nutrientes disueltos en el escurrimiento como el caso de los nitratos. Estudios realizados en el sur y sureste de la provincia de Córdoba, muestran para la materia orgánica y el fósforo tasas de enriquecimiento del sedimento erosionado de 1,2 y 1,1 respectivamente, en relación al suelo original (Marelli y col., 2007).

A los efectos de lograr planteos agrícolas sustentables debemos trabajar dentro de la fase en que los suelos mantienen su calidad en un nivel adecuado. En esta fase, la fertilización permite ingresar en un círculo virtuoso aumentando los rendimientos, acumulando mayor cantidad de residuos y mejorando el aporte de carbono al suelo. Mediciones efectuadas en el área núcleo pampeana demuestran que con diez años de rotación trigo/soja/maíz con siembra directa se puede obtener una ganancia entre el 0,5 y uno por ciento de materia orgánica, según el tipo de suelo. La fertilización debe analizarse sobre toda la rotación y no solamente sobre un cultivo particular ya que deben evaluarse aspectos tales como residualidad de los nutrientes, producción de residuos en cantidad y calidad, y efectos sobre la estructura y la actividad biológica del suelo. Debe orientarse a balancear los nutrientes que se adicionen en función de los requerimientos de los cultivos de la rotación y la composición particular del suelo. Además del nitrógeno, fósforo y azufre, se deberá prestar especial atención al calcio y al magnesio por el rol que desempeñan en la estructuración y actividad biológica del suelo, además de la importancia para la nutrición de los cultivos.

Las transformaciones de la agricultura durante la década del 90, en especial la difusión de la siembra directa, lograron mejorar paulatinamente la calidad de los suelos pampeanos que en las dos décadas anteriores habían sufrido una disminución del contenido de materia orgánica en un 0,5 por ciento como promedio y también de su condición estructural y fertilidad. Para su buen funcionamiento, la siembra directa requiere una cobertura vegetal completa del suelo a lo largo del año, que incluye los residuos de los cultivos. Ello se consigue alternando cultivos de gramíneas (trigo, maíz, sorgo) que dejan residuos de relación carbono/nitrógeno elevada de lenta descomposición, con otros cultivos como la soja, cuyos residuos son de relación carbono/nitrógeno estrecha, de rápida descomposición. En sistemas de siembra directa con rotación de cultivos, las pérdidas de suelo por erosión son inferiores a 2 toneladas por hectárea y por año, muy por debajo del máximo tolerable que ronda las 10 toneladas por hectárea. La rotación de gramíneas y soja produce a lo largo del tiempo un balance positivo del carbono del suelo que se traduce en un incremento de su materia orgánica, en una mejora de la condición estructural y en una mayor captación y almacenamiento del agua pluvial. Mediciones efectuadas por el Instituto de Suelos del INTA en el sur de Santa Fé y sudeste de Córdoba permitieron constatar incrementos anuales del carbono orgánico de entre 0,7 y 1,2 Tn/ha en lotes con 8 a 10 años de siembra directa.

La materia orgánica del suelo cumple un auténtico rol de «combustible» para los procesos biológicos que se traducen en una estructura estable, mayor fertilidad y mejores condiciones de aireación y retención de agua. Cuando el flujo de materiales orgánicos provenientes de los residuos, es abundante y equilibrado en calidad (gramíneas y leguminosas), se establece una actividad biológica superficial principalmente proveniente de insectos, que genera un sistema de cavidades, galerías y poros. Por su parte, los productos del metabolismo microbiano constituyen la causa principal de estabilización de los agregados, especialmente los polisacáridos o azúcares que actúan como verdaderos cementantes de las partículas. A ello se suma la acción de los hongos del suelo que mediante los filamentos de su micelio, tejen una red que actúa en la agregación de la arena, limo y arcilla.

La actividad agrícola, concentrada durante la década del 60 en la región pampeana, comenzó a expandirse sobre las tierras del gran Chaco durante los 80, alcanzando en esta ecorregión algunos focos de alta densidad de cultivo a comienzos del siglo 21 (Viglizzo, 2007). Paruelo, y col. (2004) analizaron la expansión agrícola en el período 1988 -2003 sobre bosques y pastizales naturales de la región chaqueña consignando una pérdida del 4,3 por ciento de estas formaciones lo que equivale a algo más de 250 mil hectáreas. La habilitación de tierras sin la planificación ni los conocimientos básicos que permitan conocer la aptitud de uso, esta produciendo serios problemas de degradación de los suelos tales como erosión y disminución acelerada de la materia orgánica, fertilidad y agregación. La situación descrita es particularmente preocupante en el parque chaqueño semiárido, región en la cual el débil equilibrio ecológico puede ser alterado profundamente (Casas y col., 1978).

Por lo general los bosques han sido intensamente explotados previamente al desmonte para utilización agrícola de los suelos. La secuencia de utilización que marca el proceso degradatorio del paisaje es la siguiente: a) extracción intensa de madera dura y consecuente empobrecimiento forestal del bosque; b) ganadería con sobrepastoreo y elaboración de carbón; c) arbustización con formación de matorrales («jumeales», «vinalares», «tuscales», etc) y formación de «peladales» (suelos desnudos) expuestos a erosión, fenómeno acentuado especialmente por la ganadería caprina.

Los suelos con bosque presentan contenidos de materia orgánica, nitrógeno total y una densidad aparente variable en función del uso más o menos intenso como recurso forrajero previo al desmonte para agricultura (Cuadro 1). Cuando se desmontan estas tierras en muchos casos se parte de suelos degradados, empobrecidos en materia orgánica, débilmente estructurados y densificados en superficie.

Cuadro 1

Contenido de materia orgánica, nitrógeno total y densidad aparente para una condición promedio correspondiente a suelos con bosque pastoreado en forma continua y con descansos periódicos en el centro este de Santiago del Estero (Casas y col.).

Suelos	Condición promedio suelos con bosque con pastoreo continuo			Condición promedio suelos con bosque con descansos periódicos		
	MO %	Nt %	Da g/cm ³	MO %	Nt %	Da g/cm ³
Haplustoles (Añatuya, Bandera y Quimili)	2,80	0,16	1,10	5,10	0,27	1,00
Argiustoles(Tostado y Paleocauces)	3,75	0,19	1,10	4,90	0,24	1,00

En el bosque chaqueño se ha difundido el sistema mecánico de desmonte, especialmente el equipo de tractor oruga con pala topadora o rolo trozador. También los equipos pesados de labranza, como arados destrocadores y rastro con cajón sembrador han acompañado el proceso de desmonte ya que en muchos casos son utilizados para trabajar el suelo inmediatamente después del desmonte. Comúnmente se utilizan tractores convencionales preparados para desmonte con barra topadora, protecciones, ruedas neumáticas o metálicas. Existen equipos similares fabricados por la industria, con pala topadora utilizando tractores con ruedas de goma. Para montes bajos de renovales y «fachinales», especialmente en aquellos en que predominan las especies flexibles se emplea el rolo triturador o trazador. En bosques altos, las topadoras de mediana y elevada potencia con pala o cadenas de arrastre son las más utilizadas. Es frecuente el arrastre de suelo superficial durante el «acordonado» de la vegetación, lo que determina una real decapitación del horizonte más fértil en estos casos.

Estudios realizados en el centro este de Santiago del Estero demuestran una elevada tasa de mineralización de la materia orgánica en los suelos habilitados a la agricultura (Cuadro 2). Se observa para todos los suelos que el ritmo de degradación de la materia orgánica es mayor durante los primeros años de incorporación a la agricultura, decreciendo relativamente, a medida que el ciclo agrícola se extiende. De acuerdo con los criterios de la FAO sobre evaluación de la degradación de suelos, la tasa de disminución de la materia orgánica, corresponde a una degradación alta a muy alta.

Cuadro 2

Tasa Anual media de mineralización de la materia orgánica en suelos al cabo de 5 años con agricultura y de 5 – 10 años con agricultura, en el centro este de Santiago del Estero (Casas y col.)

Suelo	TASA ANUAL MEDIA DE DEGRADACIÓN %	
	1-5 años con agricultura	1-10 años con agricultura
Haplustoles	5,2	2,3
Argiustoles	3,3	1,6

En el parque chaqueño semiárido, las alteraciones más frecuentes en las tierras habilitadas son el encostramiento del suelo, crecimiento desperejo de los cultivos («manchoneo») y erosión, tanto hídrica como eólica. De todos estos procesos, el encostramiento es el más generalizado y se relaciona con la disminución del contenido de materia orgánica y elevados contenidos de limo de los suelos. El crecimiento desperejo de los cultivos es frecuente observarlo en las zonas que ocupaban los cordones de vegetación. Análisis de suelo arrastrado durante el acordonado luego del quemado del ramerío demuestra una leve salinización y alcalinización con aumento de los contenidos de magnesio y potasio. También se produce un incremento sustancial del contenido de carbonato de calcio proveniente de materiales del subsuelo elevados a la superficie durante la operación del desmonte y posterior acordonado con arrastre de dichos materiales. Se observa una menor capacidad de retención hídrica del suelo y clorosis de los cultivos en estos sectores.

En áreas onduladas se observan síntomas de erosión hídrica en todas sus formas: laminar, en surcos y en cárcavas. Se debe considerar especialmente que a medida que la agricultura avanza hacia el oeste, los suelos poseen mayor fragilidad, disminuyendo el contenido de materia orgánica y también su estabilidad estructural. Actualmente se están desmontando tierras para cultivo de soja, lo cual conducirá a un serio deterioro de los suelos. En éstos áreas, además de planificar cuidadosamente el uso de las tierras y los sistemas de producción, deben orientarse las franjas con bosque teniendo en cuenta las pendientes predominantes del terreno, no desmontando los sectores con pendientes más pronunciadas.

En la Región Chaqueña semiárida existen procesos erosivos eólicos que no adquieren relevancia cuando existe el bosque nativo. Al desmontar grandes superficies, los procesos eólicos adquieren trascendencia debido a las texturas limosas de los suelos, a la deficiente estructura y a la sequedad del ambiente en las épocas más ventosas. El bosque constituye un excelente protector contra el efecto erosivo del viento, por lo que en todo proyecto de desmonte cuando la aptitud de la tierra lo permita, deberá contemplarse dejar franjas con bosque ya que constituyen barreras físicas contra la erosión eólica (Casas y Mon, 1990).

Reflexiones Finales

La intensificación y expansión de la agricultura registrada en la Argentina especialmente en los últimos años, si bien ha sido positiva en términos del incremento récord de los rendimientos nacionales, debe hacernos reflexionar acerca de cómo planificar a futuro la actividad, en la medida que compromete seriamente la estructura y funcionalidad de ecosistemas frágiles y también la posibilidad de afectación de servicios ecológicos, cada vez más valorados por las sociedades del mundo.

Se visualizan como temas preocupantes en la mayor parte de las áreas agrícolas, la disminución de la fertilidad de los suelos, el incremento de los procesos erosivos hídricos y eólicos y la afectación del proceso hidrológico a nivel regional por desmontes masivos que generan incrementos de los escurrimientos superficiales y disminución de los tiempos de concentración. La habilitación de nuevas tierras para la agricultura está produciendo una intensa erosión de biodiversidad en función de la destrucción de habitats y simplificación extrema de los ecosistemas.

Ante la situación descrita, se considera necesario la existencia de legislación sobre el uso de los suelos y los recursos naturales tanto a nivel nacional como de los estados provinciales. En este sentido se reconoce la experiencia positiva de provincias como Entre Ríos que a lo largo de un trabajo continuo de varias décadas logró concienciar a la población y aplicar medidas efectivas para controlar la erosión y degradación de los suelos.

Los estados provinciales deberían efectuar y aplicar el ordenamiento de sus territorios, delimitando efectivamente el uso de los mismos en función de la aptitud de las tierras y necesidades específicas. Asimismo se deberá analizar la posibilidad de remunerar los servicios ambientales como forma de preservarlos de una destrucción o deterioro irreparables. Se deberá intensificar la educación ambiental a todo nivel a los efectos de internalizar en la sociedad desde la infancia, la necesidad del cuidado de los recursos naturales.

Bibliografía

- Casas, R.R. 2007. Remineralizar para mejorar la calidad del suelo. La Nación. Suplemento Campo. Octubre 2007.
- Casas, R.R. 2006. Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria; Anales . Tomo LX. pp.37 -58.
- Casas, R. R. 1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región pampeana. En: Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University, Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica.

- Casas, R.R.; Irurtia, C y R.O.Michelena. 1978. Desmonte y habilitación de tierras para la producción agropecuaria en la República Argentina. INTA. Centro de Investigación de Recursos Naturales; Suelos. Públicación N° 157.
- Casas, R.R. y R. Mon. 1990. Erosión eólica: técnicas para su control. En: Manejo de suelos en regiones semiáridas. FAO, Oficina Regional para América Latina y El Caribe. Red de Cooperación Técnica en uso de recursos naturales en la región chaqueña semiárida.
- Casas, R.R., Mon, R.;Brandinelli, M.E. y H. Rea. 1983. Uso y manejo de la tierra desmontada en la provincia de Santiago del Estero.. INTA. IDIA N° 413 . 416.
- INTA. 1997. Estudio de la evolución de propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos agrícolas con enmiendas cálcicas y su efecto en la productividad. INTA. Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto de Suelos. Informe de Avance.
- Marelli, H. J. y J. Arce. 1995. Aportes en siembra directa. Enciclopedia Agro de Cuyo. Manual 12. INTA, EEA. Marcos Juárez. Córdoba.
- Marelli, H.; Arce, J; Maciero,B; Lorenzón, C y M. Marelli. 2007. Relación entre variables químicas del suelo y del sedimento erosionado. INTA, EEA. Marcos Juárez. Informe de Investigación N° 1.
- Paruelo, J.M. Oesterheld, M., Del Pino, F, Guerschmann, J.P., Verón, S.R, Piñeiro Guerra, G, Volante, J; Baldi, G. Caride, C, Arocena,D., Vasallo, M, Porfirio,L, Durante,M 2004. Patrones espaciales y temporales de la expansión de soja en Argentina: Relación con factores socioeconómicos y ambientales. Informe final LART/FAUBA al Banco Mundial.
- Senigagliesi, C. 1991. Estado actual y manejo de los recursos naturales particularmente el suelo, en el sector norte de la pampa húmeda. Seminario Juicio a nuestra agricultura. Buenos Aires. Hemisferio Sur.
- Viglizzo, E. 2007. Desafíos y oportunidades de la expansión agrícola en Argentina. Producción agropecuaria y Medio Ambiente. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Weir, E. 2002. Pérdida de suelo y agua en parcelas de escurrimiento. 2do. Congreo de Contaminación. Buenos Aires.