

La Intensificación Agrícola y el Manejo del Agua en los Sistemas

Jorge Sawchik¹

La siembra directa comienza a insertarse en los sistemas de producción durante la década del 90, y representa quizás el cambio tecnológico más importante en cuanto a técnicas de manejo de suelo. La siembra directa ha permitido entre otros aspectos disminuir las pérdidas de suelo por erosión, ampliar la ventana de oportunidades para la realización exitosa de los cultivos, dando una mayor estabilidad a los sistemas de producción. Así, surgen fuertemente los sistemas de rotación bajo cultivo continuo y una división espacial de las actividades agrícolas y ganaderas dentro de los establecimientos de producción mixtos. Más recientemente, y debido entre otras causas a las relaciones de precio favorables para el sector agrícola, se ha desarrollado un proceso de intensificación agrícola aún en suelos considerados marginales para la producción de cultivos.

Este proceso se caracteriza por la definición clara hacia un sistema de agricultura continua bajo siembra directa, con una mayor intensidad de uso de suelo, con el cultivo de soja como elemento central en el crecimiento del área y con la llegada de la agricultura de granos a zonas tradicionalmente ganaderas.

El manejo apropiado del agua representa un insumo fundamental para el desarrollo de sistemas de producción sustentables. El agua tiene un impacto directo sobre la productividad de los cultivos. Ese aumento en la productividad incide en la cantidad de residuos y por ende en la materia orgánica del suelo y la estructura que en definitiva gobiernan la dinámica de este recurso (Gil, 2004).

Este trabajo pretende revisar los principales conceptos relacionados con la dinámica de agua en los suelos y las herramientas disponibles para realizar un uso más eficiente de este recurso en los sistemas de producción.

Contenido de agua de un suelo

Resulta útil en este punto definir el concepto de humedad del suelo. Para ello es necesario introducir algunos conceptos básicos. El suelo está constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida se compone de partículas minerales y de materia orgánica. El espacio no ocupado por la fase sólida constituye los poros del suelo. Estos están normalmente ocupados por agua y aire en proporciones variables. Por ejemplo, un suelo de textura media presenta idealmente un 50 % de fase sólida (materia orgánica y minerales) y un 50 % de espacio poroso.

El contenido de agua de un suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas pero además otras propiedades del suelo como por ejemplo: consistencia, plasticidad, compactación y resistencia a la penetración entre otras.

¹ Ing. Agr. (Ph.D.), Manejo y Fertilidad de Suelos, INIA La Estanzuela

El contenido de agua de un suelo puede expresarse de diferentes formas:

Humedad en base a peso:

$$\% H (\text{peso}) = (PH - PS) / PS * 100 \quad (1)$$

Donde % H (peso) es el contenido de agua en base a peso expresada como porcentaje, y PH y PS (g) representan el peso del suelo húmedo y seco respectivamente. El peso seco se determina luego de secar la muestra en estufa por 24 horas a 105°C.

Otra forma de expresar el contenido de agua es en base a volumen y para ello debemos conocer la densidad aparente que es el cociente entre el peso seco de la muestra de suelo y su volumen.

Humedad en base a volumen:

$$\% H (\text{volumen}) = \% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} \quad (2)$$

En la práctica como la precipitación, el riego y la evapotranspiración son expresadas como altura de lámina de agua (mm), es conveniente el uso de esta misma unidad para expresar el contenido de agua de un suelo. Para ello podemos decir que:

$$\text{mm de agua} = (\% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} * \text{Profundidad (cm)}) / 10 \quad (3)$$

Siendo en este caso la profundidad, el espesor del horizonte de suelo considerado.

Agua disponible de los suelos

En general, no toda el agua del suelo está disponible para las plantas. Es por ello que se introduce aquí el concepto de agua disponible (AD) de un suelo. Se define AD como la diferencia entre el contenido de agua de un suelo a capacidad de campo (CC) y el contenido de agua en el punto de marchitez permanente (PMP).

$$AD = CC - PMP \quad (4)$$

Si bien existe una amplia discusión sobre la validez de estos parámetros siguen siendo utilizados como medidas prácticas para el cálculo de la AD.

La CC se define como el contenido de agua de un suelo de un suelo inicialmente saturado luego de que el agua gravitacional ha drenado. Este parámetro puede determinarse en el laboratorio, o en el campo por el método de humedecimiento natural o inferirse a través de otras propiedades del suelo como la granulometría y la materia orgánica. El PMP sería el límite inferior de disponibilidad de agua en el suelo y también puede determinarse con métodos de laboratorio similares a la CC, o mediante ecuaciones que utilizan otras propiedades del suelo.

Para nuestras condiciones Fernández (1979) y Silva et. al, (1988) han desarrollado con datos de laboratorio modelos para estimar estos parámetros para diferentes suelos del país.

Algunas ecuaciones ajustadas se presentan a continuación:

Para horizontes A de textura media a pesada estos autores encontraron que:

$$CC = 21.977 - 0.168 (\% \text{ arena}) + 2.601 (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.127 (\% \text{ arcilla})$$

Para el caso de los suelos arenosos:

$$CC = 8.658 + 2.571 (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.296 (\% \text{ Limo})$$

Estos mismos autores ajustaron las siguientes ecuaciones para el cálculo del PMP en horizontes A y B.

$$PMP = -58.1313 + 0.3718(\% \text{ Materia orgánica}) + 0.568(\% \text{ Arena}) + 0.641(\% \text{ Limo}) + 0.9755(\% \text{ Arcilla})$$

Existe una gran variación en la cantidad de AD para los suelos del Uruguay. Alvarez et al. (1989) y más recientemente Molfino y Califra (2001) estimaron la capacidad de almacenaje de agua para las Unidades 1:1.000.000 teniendo en cuenta la morfología de los suelos y la probable profundidad de arraigamiento, entre otros factores. Estos autores utilizando la base de datos de las Unidades Cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos (escala 1:1.000.000) establecieron cinco grandes clases de agua potencialmente disponible neta para estas unidades cartográficas: muy baja (< a 40 mm), baja (40-80 mm), media (80-120 mm), alta (120-160 mm) y muy alta (> a 160 mm). Esta información es muy relevante porque adiciona un insumo objetivo para la planificación del uso de la tierra.

Balance de agua en el suelo

Para poder establecer prácticas de manejo que conserven y hagan un uso más eficiente del agua del suelo es necesario caracterizar el balance hídrico de un suelo. Esto es en definitiva conocer los ingresos y pérdidas de agua dentro del suelo.

Algebraicamente se puede representar como:

$$P+R = ET + ES + D +/-)Alm. \quad (5)$$

Donde P y R representan los ingresos por precipitación y riego; ET representa la suma del agua perdida por evaporación directamente del suelo (E) y el agua transpirada por el cultivo (T), D es lo que se pierde por drenaje profundo fuera de la profundidad de exploración radicular, ES representa la fracción de la precipitación que se pierde por escurrimiento. Este balance tiene a su vez un término que puede presentar signo variable (+/-)Alm) y que representa la variación en la capacidad de almacenaje de agua del suelo.

Prácticas que aumentan el almacenaje de agua de los suelos

Para las condiciones de nuestro país, caracterizado por una alta variabilidad climática y de la capacidad de almacenaje de agua de los suelos resulta prioritario establecer estrategias que maximicen el almacenaje de agua por los suelos. Esto es muy relevante ante un escenario de intensificación agrícola, en el que aumenta la

frecuencia de cultivos de altos requerimientos hídricos (como maíz y soja en la rotación), o la agricultura tiende a desplazarse a zonas de suelos menos aptos desde el punto de vista del almacenaje de agua.

Dentro de ese enfoque es interesante observar como se comportan los distintos componentes del balance hídrico en nuestra región.

El componente precipitación del balance hídrico presenta para nuestro país una media anual de 1300 mm, con isoyetas de suroeste a noreste que van desde 1100 a 1600 mm anuales. Sin embargo la distribución de la precipitación presenta una gran variabilidad inter e intraanual.

La investigación desarrollada en los últimos años sobre los fenómenos de gran escala (tales como el Niño) y su relación con las tendencias climáticas esperadas para diferentes regiones del mundo ha permitido el establecimiento de pronósticos climáticos de mediano plazo (3 meses). Esos pronósticos permiten establecer la probabilidad de que las condiciones climáticas esperadas sean cercanas a la normal o que presenten desvíos con respecto a lo normal (Baethgen y Giménez, 2004). El avance en la calidad de esos pronósticos permitiría disminuir los riesgos de las actividades agropecuarias y ayudar en la toma de decisiones.

Para lograr un aumento de la cantidad de agua almacenada es necesario un incremento de la infiltración y por consiguiente una disminución en el escurrimiento.

Las prácticas de manejo que parecen más adecuadas para reducir el escurrimiento y aumentar la precipitación efectiva son una rotación adecuada de cultivos, el uso de la siembra directa, el empleo de cultivos de cobertura, esencialmente durante el invierno y en sistemas agrícolas, la duración del período de barbecho y el uso de especies que regeneren la macroporosidad del perfil y/o aumenten la tasa de infiltración de los suelos.

La incorporación de la siembra directa con presencia de rastrojo en superficie aumenta la precipitación efectiva y además provoca una disminución de la evaporación quedando mayor agua disponible para la transpiración de los cultivos. Por otra parte, en el mediano plazo, bajo siembra directa se regeneran los poros de mayor tamaño (> 0.5 mm) creados por acción de raíces y macrofauna del suelo (Micucci et al., 2002). Esto evidentemente tiene un efecto sobre la tasa de infiltración y el flujo de agua en los suelos.

La utilización de cultivos de cobertura verdes es otra práctica de manejo que puede impactar sobre todo en un aumento de la precipitación efectiva. En nuestras condiciones y bajo sistemas agrícolas, el período crítico ocurre durante los meses de invierno, y sobre todo cuando se parte de rastrojos de girasol y soja que dejan un volumen significativamente más bajo de residuos que maíz o sorgo. En ese sentido, Clerici et al. (2004) determinaron mediante el uso del modelo USLE/RUSLE, la alta contribución potencial del cultivo de soja a las pérdidas de suelo por erosión. El menú de especies a emplear en estos casos es diverso y se debe buscar cultivos con altas tasas de crecimiento iniciales (por ejemplo avena) que logren una cobertura rápida del suelo y considerar una duración de barbecho adecuada que permita cierto ahorro de agua para el cultivo siguiente. El período de barbecho es un factor clave a considerar desde el punto de vista del manejo del agua porque a medida que salimos del invierno y avanzamos en la primavera también aumenta la demanda atmosférica y por lo tanto el consumo de agua por el cultivo de cobertura.

En ese sentido Ernst et al. (2001) determinaron una mejor implantación, crecimiento y un mayor contenido de nitratos y agua en el suelo cuando se utilizaban duraciones de barbecho químico mayores a 45 días. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sawchik (2001) para las condiciones climáticas extremas de la zafra 1999/2000.

En lo que se refiere a la búsqueda de especies que mejoren la tasa de infiltración básica del suelo, efecto este comúnmente denominado como “laboreo biológico”, los resultados nacionales son aún muy escasos.

En general en los casos de rotaciones cultivo-pastura es esperable una mejora en las propiedades físicas en la etapa de pasturas, que está asociada a la producción de materia seca durante ese período y fundamentalmente al componente gramíneas de la pastura (García Prechac, 1992). Esto obviamente tiene un efecto directo en el flujo de agua en el suelo. La búsqueda de especies puras que mejoren la tasa de infiltración del suelo ha tenido hasta el momento resultados no concluyentes. Así Gentile, (2002) encontró patrones de enraizamiento diferentes para alfalfa, achicoria y festuca. Sin embargo los tratamientos tuvieron un escaso efecto residual en el crecimiento y desarrollo de un cultivo posterior de sorgo granífero.

Prácticas que maximizan el uso de agua por los cultivos

El segundo paso clave para maximizar la eficiencia hídrica del sistema es lograr que ese almacenaje de agua en el suelo se traduzca en agua transpirada por el cultivo. Para ello es necesario conocer cuáles son las necesidades de agua totales de cada cultivo, los estados de desarrollo más sensibles al déficit hídrico y las capacidades de exploración radicular en profundidad que poseen (Della Maggiora et al., 2000).

Si consideramos las necesidades de agua promedio de los cultivos de verano (alrededor de 500 mm), resulta obvio que el almacenaje de agua máximo para los suelos de nuestro país solo cubre 1/3 de las necesidades de los cultivos. Esto significa que las prácticas de manejo ante un escenario de intensificación deberían tender a reducir el perfil de riesgo esencialmente en estos cultivos.

En ese sentido es claro que aquellas prácticas como la siembra directa que mejoran la dinámica de agua de los suelos van a tener un efecto positivo en la captación de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Otras prácticas a considerar podrían ser: la elección de los cultivos a sembrar en función de la profundidad efectiva del suelo, la época de siembra, población, distancia entre hileras, control adecuado de malezas, manejo correcto de los nutrientes, entre otras. Como ejemplo, el cultivo de maíz presenta un mayor perfil de riesgo en suelos superficiales que el resto de los cultivos de verano (Sadras y Calviño, 2001).

Es claro que muchos de estos factores son de alguna manera utilizados a nivel de los productores de punta aún cuando no los relacionen estrictamente con el uso eficiente del agua.

Ante un esquema de intensificación agrícola, parece necesario profundizar aún más en el impacto de aquellas prácticas de manejo que afectan directamente el almacenaje de agua en el suelo y su uso por los cultivos.

Asimismo el uso de herramientas sencillas para diagnosticar el estado hídrico de los suelos agregaría indicadores objetivos para un mejor manejo de las secuencias de cultivos.

Referencias:

- Alvarez, C.; Cayssials, R.; Molfino J.H. 1989. Estimación del almacenaje de agua en las tierras de Uruguay p 63 – 75.
- Baethgen, W.E.; Giménez, A. 2004. La variabilidad climática, el cambio del clima y el sector agropecuario. In: Clima y respuesta hídrica de pasturas en zonas ganaderas, Serie de Actividades de Difusión No. 364, p 2-9.
- Clérici, C.; Baethgen, W.E.; García-Préchac, F.; Hill, M. 2004. Estimación del impacto de la soja sobre erosión y C orgánico en suelos agrícolas del Uruguay. In XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Argentina 22-24 Junio, CD-ROM.
- Da Costa, M.; Rubio, D.; Ernst, O. 2002. Influence of grazing time and herbicide kill time on grain yield of sorghum in a no-till system. Proceedings of the 25th Southern Conservation Tillage Conference, Auburn, AL, 24-26 June, p 68-73.
- Della Maggiora, A.I.; Gardiol, J.M.; Irigoyen, A.I. 2000. Requerimientos hídricos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja (Eds.) F.H. Andrade y V.O. Sadras. EEA-INTA Balcarce, FCA UNMP, p 155-171.
- Fernández, C.J. 1979. Estimaciones de densidad aparente, retención de agua disponible en el suelo a partir de la composición granulométrica. In Reunión de la Facultad de Agronomía, 2^a., Montevideo.
- García Préchac, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. In: Revista INIA de Investigaciones Agronómicas No. 1, Tomo 1, p 127-140.
- Gentile, R. 2002. Forages for soil improvement in Uruguayan cropping systems. Master of Science Thesis University of Manitoba, 96 pp.
- Gil, R.C. 2004. Uso y manejo del agua en sistemas sustentables. In Seminario sobre la Sustentabilidad Agrícola 29 y 30/3, Buenos Aires, Argentina, p 45-51.
- Micucci, F.G.; Cosentino, D.; Taboada, M.A. 2002. Impacto de las labranzas sobre los flujos de agua y los tamaños de poros en dos suelos de la pampa ondulada. In Actas del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, AACCS, pp. 21.
- Molfino, J.H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay -Segunda Aproximación. División Suelos y Aguas, Dirección de Recursos Naturales Renovables, MGAP. Disponible online en <http://www.mgap.gub.uy/renare>
- Sawchik, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. Serie Publicaciones online INIA No.33. p 323 – 345.

Sadras, V.O.; Calviño, P. 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower, and wheat. *Agron. J.* 93:577-583.