

# LA S.D. Y LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

Ing. Agr. MSc. Rodolfo C. Gil\*. 2007. 4° Simposio de Ganadería en Siembra Directa,  
Potrero de los Funes, San Luis.

\*Instituto de Suelos, INTA Castelar.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Suelos ganaderos](#)

**Palabras Claves:** Agua, transpiración, fotosíntesis, CO<sub>2</sub>, rendimiento, eficiencia, estructuración del suelo, materia orgánica.

## INTRODUCCIÓN

La mejor manera de usar el agua del campo es convirtiéndola en material vegetal. Sin embargo, a la hora de definir las estrategias de manejo más convenientes es necesario comprender la complejidad que encierra el sistema, y la relación que guardan el suelo y los cultivos en cada ambiente definido de producción.

En el balance entre las entradas y salidas de agua del sistema de cultivo, la transpiración es el componente que está directamente ligado con la fotosíntesis y por consiguiente con el crecimiento de las plantas y los rendimientos. Es decir, que los cultivos pueden aprovechar la mayor parte del agua del suelo, y utilizar este recurso, intercambiándolo por el CO<sub>2</sub> a nivel de los estomas de las hojas para la producción de fotoasimilados, convirtiendo luego estos productos en una forma cosechable (biomasa vegetal y grano). Todas las demás salidas de agua (evaporación, escurrimiento y percolación) se las puede considerar como improductivas.

Esta base conceptual constituye el principio de la sustentabilidad de cualquier sistema de producción primaria por: a) el impacto directo que el uso eficiente del agua tiene sobre los niveles de rendimiento de los cultivos de grano y forrajes, b) porque una mayor transformación del agua en material vegetal significa mayores aportes de carbono orgánico, y porque estos aportes, como se explicará más adelante, inciden sobre las características estructurales del suelo que gobiernan la dinámica del agua, y el mantenimiento de la calidad del suelo y por ende de dicho sistema.

## EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

La biomasa vegetal producida por unidad de agua consumida (evapotranspiración) expresa la eficiencia con que un cultivo fijó carbono para producir grano o forraje, en relación con la cantidad de agua que utilizó en esa transformación. Sin embargo si se busca conocer la eficiencia con que el agua fue usada en el sistema de producción en su conjunto, es necesario además considerar qué proporción de esa agua utilizada guarda relación con el contenido hídrico del suelo (eficiencia de utilización) y qué cantidad de la oferta total de agua (lluvia, riego) pudo ser almacenada en el suelo (eficiencia de almacenamiento).

## EFICIENCIA DE TRANSFORMACIÓN

Cuando el agua no es limitante la cantidad transpirada por el cultivo depende fundamentalmente de la cantidad de radiación interceptada por su canopeo. La radiación solar es la fuente de energía utilizada tanto en el proceso transpiratorio como en el de fijación de CO<sub>2</sub>, por lo tanto cuanto más energía absorba un canopeo más agua podrá transpirar y más CO<sub>2</sub> podrá fijar para la generación de hojas, tallos, raíces y grano.

Aspectos como la elección de las especies adaptadas al ambiente, selección de los cultivares, duración de los ciclos, fechas de siembra, densidades de la siembra, nutrición y sanidad de los cultivos; y mantenimiento de una suficiente superficie verde, incidirán en la eficiencia de transformar cada milímetro de agua transpirada en más kilos de grano o forraje.

Del mismo modo una buena cobertura del suelo, con suficientes rastrojos y bien distribuidos, o pastura remanente será menester conseguir para que la mayor proporción del agua sea utilizada en la transpiración del cultivo y no perdida en el proceso de evaporación.

La fertilización balanceada de pasturas y verdes es una de las mejores herramientas para incrementar la transformación de agua en biomasa vegetal, la oferta forrajera y, consecuentemente la producción animal. La mayor disponibilidad de nutrientes mejora la eficiencia del uso del agua y de la radiación solar, la calidad forrajera, la duración del periodo de utilización, la persistencia de leguminosas en pasturas consociadas y el aporte de nitrógeno por fijación biológica; a la vez de recuperar las propiedades funcionales del suelo por los efectos conjuntos sobre una mayor y mejor actividad biológica del suelo.

La fijación biológica del nitrógeno se relaciona con la producción de biomasa aérea y el rendimiento, por lo tanto cuanto mayor sea la biomasa aérea, mayor será la fotosíntesis, y mayor será la fijación, con lo cual se dispondrá de más nitrógeno para producir más biomasa. Potenciar la fijación biológica del nitrógeno a través de la

participación de las leguminosas en la composición específica es uno de los aspectos claves para aumentar la eficiencia en el uso del agua.

La invasión de especies de baja calidad forrajera (paja colorada, gramón, etc), interfiere sobre la disponibilidad de luz, espacio, agua y nutrientes, impidiendo el normal desarrollo de otras especies valiosas. Como la receptividad de estos sectores es baja, muchos ganaderos utilizan la quema como práctica de manejo. Esto genera beneficios sólo en el corto plazo por un aumento de la receptividad de la especie en cuestión, pero en el mediano y largo plazo se traduce en una nueva caída de la calidad, la desaparición de semillas de especies valiosas por efecto del fuego, el dominio del espacio por la especie invasora, y lo que es peor, el efecto destructor sobre el balance del carbono orgánico del suelo. El rejuvenecimiento, constituye una práctica de probada eficacia en muchos lugares, evitando las consecuencias mencionadas. Aplicaciones de herbicidas totales, por ejemplo a la salida del verano permite potenciar el banco de semillas del suelo con una masiva germinación, que produce el rejuvenecimiento del campo natural y/o pasturas degradadas.

Con el tiempo, y el rejuvenecimiento en el mismo potrero todos los años, la producción se puede incrementar debido al aporte creciente de algunos elementos como el fósforo, al control de las malezas, a una semillazón más pareja, y a una posible creciente aparición de leguminosas. De esta forma se tiende a un sistema más sustentable en el tiempo, con una producción forrajera pareja y estable a lo largo del año. Un efecto adicional que suele observarse es la disminución de las manchas de salitre como consecuencia de mantener una cobertura más completa. En alfalfares que perdieron potencial productivo, la interseembra de verdes de invierno puede asegurar el forraje disponible para el periodo otoño-invierno independizándose del banco de semillas.

La utilización de verdes intercalados en una rotación recomendada es una buena práctica para lograr un mejor aprovechamiento del agua sobre todo en planteos mixtos, por ejemplo entre el maíz y la soja, permitiendo un aumento de materia verde, a la vez de contribuir a una mejor actividad biológica del suelo.

El pastoreo racional, el pastoreo rotativo con altas cargas instantáneas alternadas con períodos de descansos estratégicamente planificados, conlleva a un mejor aprovechamiento del recurso forrajero a la vez de evitar la formación de espacios de suelo desnudo.

## **EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN**

Los requerimientos totales de agua de un cultivo durante el periodo de crecimiento generalmente superan la cantidad de agua que un suelo puede almacenar, en particular una pradera de crecimiento completo se comporta como una superficie de agua libre durante todo el año, por lo tanto los requerimiento de agua seguirán la marcha de la demanda atmosférica. Es necesario entonces reabastecer todo lo posible el perfil del suelo, en la medida que éste se vaya agotando por el consumo de los cultivos.

La utilización de agua por la planta no depende exclusivamente de la cantidad de agua presente en el suelo. Depende además de la habilidad que tenga su sistema de raíces de absorber la solución del suelo en contacto, como así también de la habilidad que presenta el suelo de transmitirla y suministrarla a las raíces a una tasa que permita satisfacer los requerimientos de transpiración. Aspectos del cultivo como la profundidad y la densidad de las raíces fijan la capacidad volumétrica aprovechable de un suelo y la tasa de extracción para un determinado contenido hídrico. Aspectos del suelo como la textura y la estructura regulan en gran medida las características del espacio poroso que define la energía con que el agua es retenida y transmitida, y gravitarán en la proporción del agua almacenada que puede ser utilizada por las raíces de las plantas. Otro aspecto de no menos importancia relacionado con estas propiedades es la aireación que alcance el suelo para que los mecanismos de utilización de agua por las raíces se cumplan satisfactoriamente.

Los factores que inciden directamente en el patrón de enraizamiento y en el desarrollo, crecimiento y actividad de las raíces son numerosos y su interacción es compleja, superando los alcances de este documento; sin embargo la investigación ha demostrado que en las relaciones suelo-planta la capacidad de un cultivo de extraer agua del suelo está directamente relacionada con el gradiente hídrico entre el suelo y la planta e inversamente relacionadas con las resistencias que limitan el flujo de agua a nivel del suelo y de la planta. En otras palabras, un sistema de raíces bien profundo, denso, bien distribuido en un suelo sin limitaciones (densificaciones, compactaciones) y bien aireado, permitirá una mejor exploración y un mayor aprovechamiento del agua edáfica para satisfacer las demandas de evapotranspiración. Por lo tanto la tasa de extracción será máxima cuando el suelo no presente resistencias mecánicas que limiten la distribución uniforme de las raíces, y tenga buenas condiciones de conductividad hídrica.

Estas características de almacenamiento de agua, conducción, aireación y enraizamiento son dependientes en general de las características estructurales; en particular de la proporción de macro, meso y microporos; y de la continuidad y estabilidad de los mismos.

Los macroporos son los que permiten el movimiento primario del agua durante la infiltración y el drenaje, por lo tanto también participan sobre el control de la aireación del suelo en función del aumento de su tamaño. Los mesoporos participan del almacenamiento en el suelo del agua aprovechable por las plantas. Mientras que los

microporos retienen el agua en tal magnitud que las plantas no alcanzan a extraerlas o lo hacen a expensas de sufrir un estrés hídrico severo.

Es importante recordar que los micro y mesoporos que regulan el almacenaje y entrega del agua para las plantas están fuertemente determinados por la textura, una propiedad natural del suelo que difícilmente se pueda modificar. Sin embargo los macroporos que regulan en gran medida la conducción del agua (infiltración, distribución y percolación), la aireación del suelo, el desarrollo de raíces y la actividad biológica; dependen fundamentalmente de las características estructurales, muy afectadas por el tipo de práctica de manejo que inciden sobre el suelo.

El uso intensivo del suelo, debido al excesivo tránsito de maquinaria o al pisoteo con altas cargas animales, causa un severo disturbio sobre las propiedades estructurales, siendo uno de los efectos más conocidos el de la reducción del espacio poroso, principalmente de los macroporos.

Estos procesos van acompañados por aumentos en la resistencia a la penetración del suelo, que dificulta el desarrollo radical y los flujos de agua y aire en el sistema suelo planta, comprometiendo la productividad de los cultivos y pasturas.

A este efecto, con frecuencia en tierras de ganadería, se suma el efecto de la presencia de sales. La concentración alta de sales en la zona radical reduce principalmente la disponibilidad de agua para las plantas, porque aumenta la energía de retención.

Por lo tanto a los fines de mejorar la eficiencia de utilización del agua por los cultivos se podrían considerar los siguientes aspectos:

- ◆ Establecer un manejo (composición específica, tipo de pastoreo, rotaciones, etc.), que permita aportar al suelo volúmenes significativos de vegetación y de restos vegetales para mantener niveles efectivos de cobertura de suelo y un balance equilibrado de carbono orgánico para cada condición de suelo. A mayor contenido de materia orgánica se logra una mayor macroporosidad y estabilidad de la estructura del suelo.
- ◆ Procurar la máxima expresión de desarrollo y crecimiento del sistema radical de los cultivos tanto en densidad como en profundidad a través de la selección de los cultivares, densidad de plantas, nutrición, intensidad racional de pastoreo, tiempo de descanso, etc.
- ◆ Evitar el pisoteo excesivo. La densificación del suelo, muchas veces con la formación de capas compactadas superficiales y subsuperficiales disminuye disponibilidad de agua para una transpiración satisfactoria, aumenta el componente de evaporación y reduce significativamente la capacidad de infiltración.
- ◆ Evitar la evaporación principalmente en áreas con peligro de salinización.

## EFICIENCIA DE ALMACENAMIENTO

El balance de agua en el suelo resulta de las diferencias entre: a) ingresos: precipitaciones, riego, capa freática y los aportes por escurrimiento desde las áreas más elevadas; y b) egresos: dados por la transpiración de los cultivos y la evaporación desde la superficie del suelo (evapotranspiración), el escurrimiento hacia zonas más bajas y la percolación por debajo de la zona explorada por las raíces

Para aumentar la cantidad de agua almacenada es necesario aumentar la proporción de agua de lluvia que infiltra al suelo, respecto de la que escurre. La infiltración es un proceso complejo que depende fundamentalmente de la condición estructural de la superficie del suelo, del contenido de humedad y de la rugosidad y cobertura de la superficie del suelo que regulan los tiempos de permanencia del agua de lluvia donde cae.

Los sistemas pastoriles, sobre todo aquellos que incluyen mono y dicotiledóneas generalmente benefician la formación y estabilidad de una estructura favorable dependiendo del hábito de crecimiento de las raíces que inciden en gran medida a través de la formación de bioporos. Estos bioporos creados por las raíces y también por la mesofauna del suelo constituyen rutas preferenciales para la entrada del agua en el suelo. Cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de infiltración y el agua comienza a estancarse en la superficie, estos macroporos facilitan su drenaje y hacen que el agua penetre en el subsuelo recargando el perfil con mayor rapidez, incluso alcanzando profundidades que no se lograrían con implementos de labranza.

Un suelo bien provisto de materia orgánica siempre funcionará mejor, en ciclos húmedos o de sequía. Recordemos que los suelos de la región Pampeana, de textura media con alta proporción de limo que les confiere una inestabilidad estructural, dependen fundamentalmente de los mecanismos biológicos (orgánicos) para mantener dichas estructuras funcionalmente estables.

Una vez más, prácticas de manejo orientadas a procurar la máxima producción de biomasa y cubierta vegetal, evitando sobrepastoreos, rotaciones que incluyan cultivos voluminosos (aéreo y de raíces) como maíz y sorgo, mantenimiento de los rastrojos en superficie, utilización de barbechos vivos, permitirá la reducción de los escurrimientos y concomitante acumulación de agua en zonas más bajas, posibilitando aumentar la cantidad de agua infiltrada, almacenada y disponible para la transpiración. Esto favorecerá el aumento de la producción de más biomasa, mayor acumulación de carbono orgánico, mejor estructura, continuando con el proceso natural de manera sustentable.

Un aspecto particular y característico en muchos ambientes ganaderos es la "salinización" del suelo, preferentemente en los sectores planos y deprimidos. Gran parte de las herramientas tecnológicas para eliminar o mitigar el problema (más allá de las de infraestructura), pasan por las prácticas agronómicas de manejo del suelo, que entendiendo el proceso de salinización, se resumen por un lado a controlar la evaporación para evitar el ascenso de sales, y por otro lado a fomentar la infiltración para provocar el lavado de las mismas. Al respecto convendría tener en cuenta:

- ◆ La evapotranspiración de los cultivos constituye la mayor proporción de agua que sale del sistema. Por lo tanto para eliminar los excedentes de agua conviene mantener vegetado el suelo la mayor parte del tiempo posible trabajando las zonas deprimidas o bajos salinos con especies adaptadas.
- ◆ La capacidad de "bombeo" por las plantas guarda relación con la profundidad del sistema radical, la capacidad de exploración del perfil y el área foliar activa.
- ◆ La cubierta de la superficie del suelo con vegetales y/o residuos disminuye significativamente la evaporación
- ◆ El sobrepastoreo y la compactación por el tránsito animal es una de las principales causas del aumento de la capilaridad y disminución de la infiltración del agua.

#### Comentario final

Aumentar la proporción de agua que pasa por las plantas cultivadas desde el suelo a la atmósfera, es una clave para la sustentabilidad de cualquier sistema, agrícola y ganadero, ya que guarda una relación directa con los niveles de producción de granos y forrajes, e indirecta por los aportes al balance de la materia orgánica y cobertura de los suelos. Se podría decir que la economía del agua, la economía del carbono y la sustentabilidad de la empresa van de la mano.

El modelo presentado nos muestra que en las distintas etapas o caminos del agua: almacenamiento, utilización y conversión, existen una cantidad de factores y procesos que inciden sobre la eficiencia con que dicho recurso es utilizado, y que gran parte de dichos procesos son altamente dependientes de las tecnologías que apliquemos.

#### BIBLIOGRAFÍA

Documento adaptado de R. Gil. 2005. Uso eficiente del agua en los sistemas ganaderos. XIII Congreso de Aapresid: El Futuro y los cambios de paradigmas. Rosario agosto 2005. pp. 265-272.

Volver a: [Suelos ganaderos](#)