

Agricultura de secano: la economía del agua

G. Agustín Sanzano*

* Ing. Agr. M. Sc., Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. asanzano@eeaoc.org.ar

La agricultura moderna busca satisfacer la demanda de alimentos y energía que exige la población mundial. Idealmente, esto debería lograrse obteniendo altos rendimientos en los suelos más aptos para cada tipo de producción, con la mínima expansión de las fronteras agrícolas hacia las tierras menos aptas o marginales.

Sin embargo, esta expansión de la frontera agrícola hacia áreas marginales para la agricultura ha sido de gran magnitud en el Noroeste Argentino (NOA), donde se instalaron modelos productivos muy similares a los de la pampa húmeda; este proceso recibió el nombre de “pampeanización del NOA” (Viglizzo, 2014). Hay diversas razones por las cuales esto ha sucedido, algunas netamente económicas, como el aumento de precio de los “commodities”; otras climáticas, como la ocurrencia de años con mayores precipitaciones que las normales; también ha tenido impacto la irrupción en el mercado de

variedades e híbridos genéticamente modificados con resistencia a herbicidas y con mayor plasticidad para la adaptabilidad a ambientes más hostiles. La mayor parte de las áreas nuevas tienen características de alta fragilidad edafo-climática y, por lo tanto, los recursos que utiliza el hombre son más susceptibles a la degradación.

En la agricultura de secano, las plantas utilizan lo que actualmente se denomina **agua verde**, que es aquella que proviene de las lluvias y que se almacena en las capas superiores del suelo. Este concepto se contrapone con el de **agua azul**, que es aquella que está compuesta tanto por aguas superficiales como subterráneas y que son susceptibles de uso en la agricultura de regadío.

También está el concepto de **agua virtual**, que es aquella necesaria para producir bienes, lo que en agricultura significa que la exportación de cualquier producto fuera de la zona productora implica

necesariamente la exportación de agua. Por ejemplo, la producción de 1 kg de carne implica el uso de 15.000 litros de agua y la de 1 kg de azúcar requiere la utilización de 1500 litros de agua.

Cuando hablamos de agua, debemos tener en cuenta la **eficiencia en el uso del agua (EUA)** de los diferentes cultivos. Para citar algunos ejemplos de cultivos de interés en la provincia de Tucumán, podemos señalar que la caña de azúcar es una especie altamente eficiente en el uso de los recursos hídricos que, en Tucumán, requiere como necesidad evapotranspiratoria aproximadamente entre 1250 mm y 1400 mm para un ciclo de 10 a 12 meses (Romero *et al.*, 2009). En tanto, los cultivos de granos muestran EUA muy variables, según se trate de cereales u oleaginosos, siendo que para el maíz esta necesidad hídrica varía entre 10 kg/mm y 24 kg/mm, casi el doble que para la soja, que oscila entre 5 kg/mm y 9 kg/mm (Hattendorf *et al.*, 1988).



Los cultivos mencionados ocupan en la provincia de Tucumán aproximadamente medio millón de hectáreas, la mayor parte de las cuales se cultiva en condiciones de secano, por lo que este artículo intenta reflexionar acerca del uso más económico del agua verde para la obtención de las más altas producciones de los cultivos, en el marco de una agricultura sustentable.

El agua del suelo en el cultivo de caña de azúcar

Aunque la superficie estimada con caña para 2014 implica una ligera reducción con respecto a la campaña anterior, es evidente que el cultivo no solo ha recuperado su superficie histórica, sino que además ha avanzado hacia áreas en las que no se registraban antecedentes de este. En prácticamente toda esta área de expansión la caña se cultiva en condiciones de secano, a excepción de pequeñas superficies (no significativas) que se han incorporado bajo riego por goteo, en esquemas de producción altamente tecnificados.

Esto significa que una misma especie vegetal (y en la mayoría de los casos, una única variedad) debe adaptarse a regiones tan disímiles como la zona húmeda y per-húmeda del pedemonte, hasta la semiárida de la llanura chacopampeana, con diferencias mayores a 400 mm entre las precipitaciones medias históricas de cada región. Es evidente que la capacidad de almacenaje de agua útil de los suelos en cada una de ellas es una variable muy importante, que debe tenerse en cuenta en cualquier análisis de situación.

Esta capacidad de agua útil (agua comprendida entre el contenido hídrico a capacidad de campo y el correspondiente al punto de marchitez) depende de propiedades intrínsecas del suelo, tales como su porosidad, la que a su vez deriva de la textura y estructura del suelo.

En la agricultura de secano, el agua

que efectivamente ingresa al suelo es dependiente de la intensidad y frecuencia de las lluvias, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno y la porosidad del suelo.

Anteriormente, señalamos que la caña de azúcar en Tucumán ocupa actualmente áreas edafoclimáticas muy distintas. En las áreas de mayores precipitaciones del pedemonte, predominan los suelos de texturas francas y franco arenosas, con media o baja capacidad de almacenaje de agua útil. Es esta una de las razones que explica rendimientos culturales generalmente menores a los esperados.

Si analizamos los factores extrínsecos al suelo, además del régimen monzónico, que concentra lluvias de alta intensidad en unos pocos meses del año, tenemos pendientes que oscilan entre 3% y 8%, lo que acelera fuertemente los escurrimientos superficiales. Esto ocasiona no solo pérdidas de suelo por erosión hídrica, sino también pérdidas de agua que no ingresa al suelo, porque la velocidad de infiltración es superada por la velocidad del escurrimiento. Luego de una lluvia de intensidad de 30 mm/h, se detectaron pérdidas menores en un 78% cuando el suelo se mantuvo cubierto con maloja, en comparación a lo acontecido en un suelo desnudo, e infiltró la mitad de la lluvia caída con suelo cubierto, mientras que solo el 25% lo hizo cuando se quitó la cobertura superficial (Sanzano *et al.*, 2008b).

Por otra parte, la cobertura vegetal viva es dependiente del estado fenológico del cultivo, mientras que la cantidad de maloja varía en función de la edad del cañaveral por acumulación de los residuos agrícolas de cosecha (RAC) año tras año, así como también por el tipo de manejo pos cosecha que se hace de estos. Por último, y como ya fue señalado, la capacidad de retención de agua de los suelos que la componen es media o baja,

con predominio de macroporos; esto hace que los suelos estén excesivamente drenados, por lo que las pérdidas de agua y nutrientes por percolación profunda pueden ser importantes.

Hay que considerar que las pérdidas de nitrógeno por lixiviación (sea N proveniente del fertilizante o de la mineralización de la materia orgánica del suelo) podrían ser lo suficientemente importantes como para disminuir la disponibilidad del nutriente. Se han detectado pérdidas de N en la zona cañera de Tucumán que provendrían de la fertilización (Portocarrero, 2010), o de los residuos de la caña, tal como fuera reportado en Brasil (de Oliveira *et al.*, 2002). Además, los valores de pH de la mayoría de los suelos de la región del pedemonte están en el rango de la moderada o fuerte acidez, debido a que muchos de los nutrientes básicos se han lixiviado. Esta acidez es también condicionante de la fertilidad de los suelos.

Las necesidades de agua de la caña de azúcar varían a lo largo de su ciclo de crecimiento, siendo bajas durante la brotación -debido a que el área foliar es muy pequeña- y muy altas durante el período de pleno crecimiento. Es necesario, entonces, que se activen todas las prácticas que contribuyan al almacenaje de agua, para que el cultivo haga uso de esta según sus necesidades transpiratorias.

En los suelos de baja capacidad de retención, al no poderse cambiar la porosidad del suelo y subsuelo, se debe tratar de maximizar el ingreso de agua y minimizar sus pérdidas.

Por lo anteriormente descripto, la cosecha en verde de la caña, con el mantenimiento posterior de la maloja sobre la superficie del suelo, constituye una práctica altamente recomendable para reducir el impacto directo de la gota de lluvia sobre el suelo, disminuir la velocidad del escurrimiento, permitir una mayor infiltración y disminuir la incidencia

directa de los rayos solares, evitando que el agua ingresada se pierda por evaporación.

En Tucumán, la maloja que queda en la superficie del suelo puede significar un aporte de entre 12 t y 16 t de materia seca, 5000 kg de carbono, hasta 50 kg de nitrógeno y 40 kg de potasio por hectárea por cada ciclo de cultivo, además de aumentar significativamente el contenido hídrico en la parte superior del suelo (Digoncelli *et al.*, 2011a y b).

Aunque sería ideal almacenar agua en la mayor profundidad de suelo posible, en los de textura gruesa es mucho más importante que el agua esté disponible en la capa superficial del suelo, porque allí el desarrollo radicular es el máximo posible y porque el ascenso capilar desde capas inferiores es mínimo.

Una correcta sistematización del terreno, con plantaciones en curvas de nivel que acortan la longitud de la pendiente, contribuye de manera efectiva a la disminución del escurrimiento, lo que provoca que la mayor parte de la lluvia caída ingrese al interior del suelo, mejorando con ello el contenido de agua almacenada en el perfil.

En la subregión de la Llanura Chacopampeana, de características semiáridas, las precipitaciones son considerablemente menores y la disponibilidad hídrica es una limitante crítica para el desarrollo de la caña de azúcar; a esto se suma otro importante factor adverso: la ocurrencia de heladas de alta intensidad y duración.

El ambiente es hostil para el cultivo, por lo cual el logro de rendimientos aceptables está fuertemente condicionado por las características climáticas de cada año.

Al contrario de lo señalado para la región húmeda y per-húmeda del pedemonte, la capacidad de almacenaje de agua útil es alta en

los suelos de la región, debido a que la clase textural dominante es franco limosa (Figura 1).

El corrimiento ascendente de las isohietas en los últimos años, la alta capacidad de almacenaje de agua de los suelos, los mejores precios del azúcar registrados en algunas campañas y las expectativas generadas por la producción de bioetanol a partir de caña han incentivado la expansión de la frontera cañera hacia áreas marginales que, en la mayoría de los casos, no son compatibles con las necesidades fisiológicas del cultivo. Esto puede observarse en la Figura 2, que muestra la expansión hacia la zona granera, ocupando los cañaverales áreas próximas a



Figura 1. Perfil de suelo de textura franco limosa, que representa típicamente a la Llanura Chacopampeana.

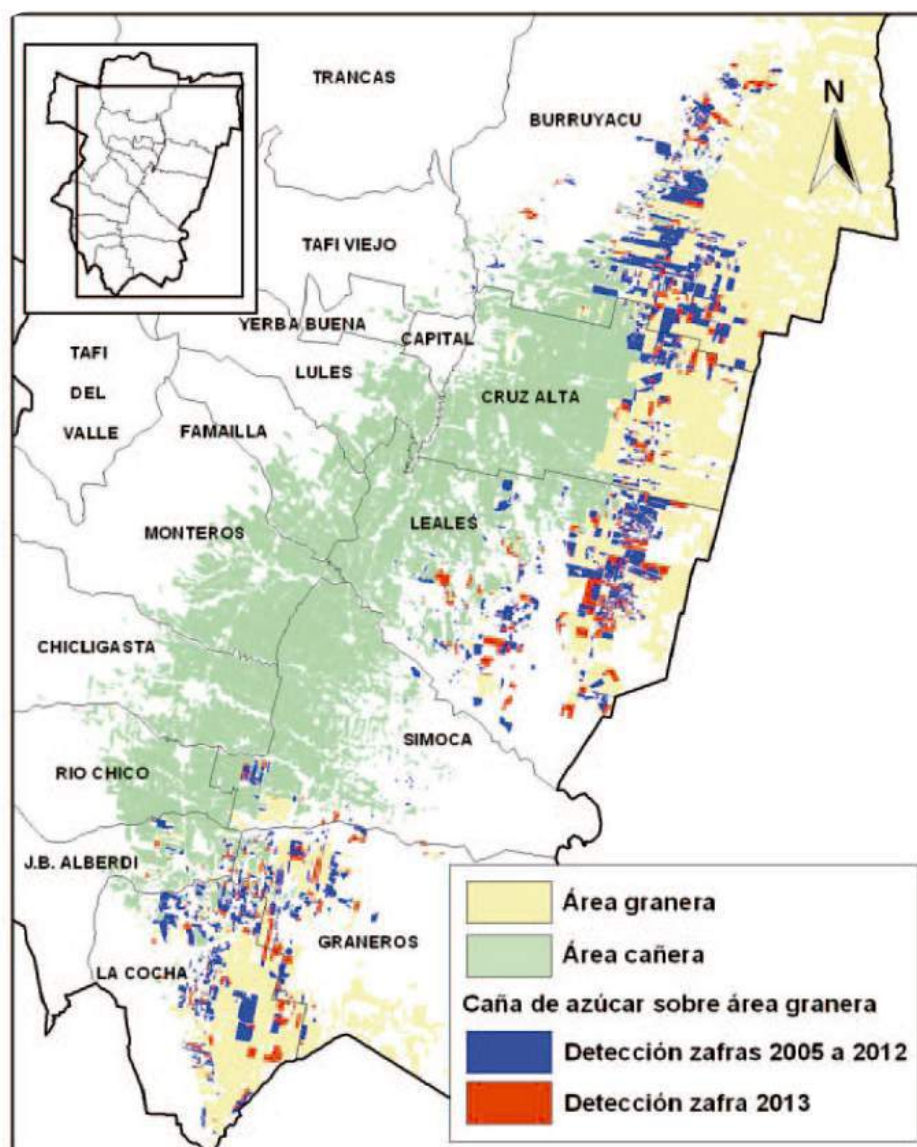


Figura 2. Superficie detectada con caña de azúcar en el área granera de Tucumán hasta 2012 y en el 2013.

Fuente: Sección Sensores Remotos y SIG de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.

los límites con las provincias de Santiago del Estero y Catamarca en algunos casos (Fandos *et al.*, 2013).

En estas áreas, los rendimientos culturales son bajos y la menor producción de biomasa trae aparejado un menor volumen de residuos de cosecha, lo que a su vez protege menos al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia que provocan ruptura de los agregados (la fracción dominante limo implica inestabilidad de la estructura y tendencia al encostramiento superficial).

Por otra parte, hay una alta demanda evapotranspiratoria que disminuye rápidamente el contenido hídrico almacenado en el suelo en la zona radicular. En esta situación, el residuo agrícola de la cosecha constituye una barrera que impide, o por lo menos disminuye, el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera (Figura 3).



Figura 3. "Mulching" acumulado de residuos agrícolas de dos cosechas de caña de azúcar.

En la provincia de Tucumán, aproximadamente la mitad del área cultivada con caña de azúcar se asienta sobre suelos que, en alguna época del año y según su posición en el relieve, tienen condiciones de drenaje limitado por la presencia

de una capa freática que genera excesos de agua en el suelo. Esta región, llamada Llanura Deprimida, puede presentar una capa freática de "agua dulce" (sector occidental, con mayores precipitaciones y vías naturales de drenaje que permiten el movimiento de agua y el lavado de las sales solubles) o puede estar cargada de sales (sector oriental, con menores lluvias y escasa red de drenaje natural). Estos suelos presentan un contenido hídrico superior al de la capacidad de campo. Esta agua no es útil para el cultivo y está ocupando los poros de aireación. Esto genera condiciones de asfixia radicular y mermas significativas en la disponibilidad de nutrientes, además de limitaciones para la realización oportuna de algunas labores.

Aunque lo anterior es ciertamente una característica general del área, la heterogeneidad textural de los suelos (fuertemente

ligada a su posición en el relieve) impide la generalización de las recomendaciones para el manejo de los excesos hídricos. En los suelos de textura arenosa, la presencia del agua freática tiene menor influencia sobre la zona radicular que en los

suelos donde predominan el limo y/o la arcilla, debido a que en los primeros el ascenso capilar es menor por el gran tamaño de sus poros (Figura 4 a y b). Esta situación, que podría resultar ventajosa en años de altas precipitaciones, se torna negativa en los años más secos, porque los suelos tienen disponible una muy baja lámina de agua para las plantas. Es entonces muy importante conocer, con la mayor precisión posible, qué características texturales tienen los suelos de cada lote o sector del campo, para manejar los excesos o la falta de agua de una manera racional.

Está claro que en aquellos suelos de baja capacidad de agua útil, se hace más necesario el mantenimiento de la cobertura de maleza luego de la cosecha, con el propósito de minimizar las pérdidas por evaporación y contribuir al ascenso del nivel freático como fuente hídrica adicional.

Esta misma práctica no es recomendable en los suelos con mayores contenidos de limo + arcilla, ya que en ellos -debido a su menor porosidad de aireación- se agravan los ya mencionados problemas producidos por los excesos de agua. En estos casos, es recomendable entonces extraer el residuo para destinarlo a otros fines, o incorporarlo al suelo total o parcialmente mediante equipos cultivadores. Además, es imprescindible la sistematización de los campos para que surcos y callejones estén orientados de manera tal que sirvan como desagües rápidos del exceso de agua, a fin de evitar de ese modo el aumento del nivel freático por infiltración diferida. En no pocas ocasiones, este manejo resulta no ser suficiente para solucionar el problema y hay que recurrir a la construcción de canales de desagüe y/o de drenaje, lo cual es obviamente más costoso. Por otro lado, en muchos casos estos canales solo son útiles cuando se



(a)



(b)

Figura 4. Suelo de textura franco arenosa (a) y franco arcillosa (b), ambos con diferente ascenso capilar y distinta influencia de la capa freática en la zona radicular.

planifican a nivel de grupos de productores que ocupan la misma área dentro de una cuenca.

El agua del suelo en los cultivos de granos

Desde la década del 70 -con la introducción del cultivo de soja a la provincia- hasta la actualidad, han ocurrido importantes cambios en los sistemas de producción de granos. Los primeros años fueron de franca expansión de las fronteras agrícolas, lo que implicó trabajar sobre suelos “nuevos” provenientes del desmonte o de la ganadería. Esta etapa, caracterizada por el intenso laboreo del suelo con arados y rastras de discos, provocó una importante

degradación física, química y biológica de los suelos, que se tradujo en drásticas reducciones de los contenidos de materia orgánica y fósforo disponible, de la estabilidad estructural y de la infiltración de agua, con respecto a los suelos que en aquel entonces se conservaban vírgenes o con pasturas (Dantur *et al.*, 1989; Sánchez *et al.*, 1998; Sanzano *et al.*, 2005).

En una segunda etapa, buscando atenuar la disminución de rendimientos de los cultivos como consecuencia de la pérdida de productividad de los suelos, los productores de la región incorporaron gradualmente el laboreo mínimo primero y la siembra directa después. La siembra directa como sistema que deja los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo ha sido una de las causas de la expansión del cultivo hacia zonas consideradas marginales por su aridez. Por otra parte, la aparición de cultivares de soja transgénica (Roundup Ready o RR) contribuyó fuertemente a la expansión de este cultivo en detrimento de otros, especialmente del maíz. Por lo tanto, la falta de rotación de cultivos generó grados pobres de cobertura del suelo, como consecuencia del menor volumen y la rápida descomposición del residuo de soja, generando un déficit en el balance de carbono del sistema.

En consecuencia, los procesos de erosión siguieron siendo importantes, especialmente en aquellos campos en los que no se complementó la siembra directa con otras técnicas clásicas de conservación de suelos, como la sistematización de lotes para el control del escurrimiento. A su vez, se empezaron a registrar lluvias de mayor intensidad que la normal, lo que contribuyó a la pérdida considerable de suelos y nutrientes por erosión hídrica. Además de la pérdida del recurso suelo, el fuerte aumento del escurrimiento en desmedro de la infiltración no permite almacenar el agua suficiente

para el normal desarrollo de los cultivos en las regiones semiáridas (Sanzano *et al.*, 2008a).

La etapa actual se caracteriza por una mayor intensificación del uso agrícola, toda vez que el área de cultivos no puede expandirse y se busca un aumento de la productividad por unidad de superficie. Los cultivares e híbridos actuales, de altos potenciales de rendimiento, tienen una capacidad extractiva de nutrientes muy superior a los de las etapas anteriores, que obliga a considerar el balance de nutrientes de un modo mucho más estricto.

En la agricultura de secano, las producciones están fuertemente determinadas por la eficiencia en la captación del agua de lluvia y por la reducción de las pérdidas por escurrimiento y evaporación. Al estar las lluvias especialmente concentradas durante el ciclo de los cultivos de verano, los barbechos invernales son importantes para la conservación y economía del agua almacenada en el suelo durante el tiempo en que estos se llevan a cabo.

Se puede lograr una alta eficiencia en la conservación del agua almacenada en los perfiles de suelo durante el invierno, si los barbechos no son demasiado largos y si se realiza un buen control de las malezas. En cambio, cuando se realiza un cultivo de invierno como trigo -y teniendo en cuenta que las lluvias son escasas durante el ciclo de este cultivo- es muy probable que se agoten las reservas de humedad existentes al momento de la siembra del cultivo siguiente, lo que genera mermas en los rendimientos de la soja, especialmente si se registran déficits hídricos durante el cultivo de verano. También es cierto que las pérdidas por evaporación en un suelo con barbecho son altas en las capas superficiales y disminuyen en las más profundas y la eficiencia de almacenaje es menor cuando mayor es el tiempo que dura el barbecho.

Por lo tanto, en los largos barbechos invernales de nuestra región, solo lo almacenado por debajo de los 50 cm de profundidad podría ser utilizado en la campaña siguiente (Figuerola *et al.*, 2004a y b).

Otro aspecto a considerar en el almacenaje del agua es la relación existente entre lluvias intensas e infiltración. Cuando la intensidad supera a la velocidad de infiltración, se produce encharcamiento si no hay pendiente, o escurrimiento en las áreas con inclinación del terreno. La siembra directa genera mayores infiltraciones y menores coeficientes de escurrimiento y pérdidas de suelo que los suelos laboreados (Sanzano *et al.*, 2008a). Esto es de gran importancia en las regiones semiáridas, toda vez que “agua que no corre infiltra” y mejora el balance hídrico del suelo.

En la economía del agua, también es importante tener en cuenta la fecha de siembra del cultivo de verano y la duración de su ciclo. Cuanto mayor sea el déficit hídrico, más deberá el productor postergar la siembra, recurriendo a variedades o híbridos que cumplan su ciclo en el menor tiempo posible. Con la siembra tardía, se pretende tener suficiente cantidad de agua almacenada en el suelo para “asegurarla” y, por otra parte, el requerimiento de agua es menor si la duración del ciclo del cultivo es corta.

Las rotaciones de cultivo entre

soja y maíz no son frecuentes ni están extendidas en toda el área de granos, lo que lleva a reflexionar seriamente sobre la sustentabilidad de los sistemas productivos actuales. El monocultivo de soja deja una escasa cantidad de rastrojo como cobertura, debido a su alta velocidad de descomposición. Entonces, caben aquí las consideraciones hechas para los barbechos largos en cuanto a la eficiencia en la conservación del agua. En cambio, por el volumen de su rastrojo y su menor tasa de descomposición, el maíz es capaz de conservar el agua en el suelo de un modo más eficiente (Figura 5 a y b).

Este análisis simplista, que está referido a un solo aspecto (el almacenaje de agua en el suelo), no debe hacernos perder de vista que la rotación de cultivos persigue fines más integrales, tales como el combate efectivo de plagas, enfermedades y malezas, la adición de mayores volúmenes de rastrojo con el consiguiente aporte de materia orgánica y mejoras en el balance de carbono y nutrientes que ello implica, además de una mayor estabilidad estructural de los suelos y un mayor control de los escurrimientos superficiales y de la erosión hídrica, entre otros aspectos.

En los últimos años y especialmente en la región pampeana, se ha desarrollado el concepto de intensificación agrícola con la introducción de cultivos de cobertura

entre dos cultivos de verano. La inclusión de cultivos de cobertura entre dos cultivos de cosecha puede contribuir a la sustentabilidad de los sistemas de producción (Figura 6). Los cultivos de cobertura invernales **no son incorporados al suelo ni cosechados**, por lo que deben desecarse (generalmente al estado de floración), para evitar que consuman el agua almacenada para el cultivo de verano.

Los residuos de los cultivos de cobertura quedan en la superficie, liberando nutrientes contenidos en la biomasa vegetal. Además, pueden cumplir múltiples funciones, como por ejemplo la mejora del balance de carbono, la fijación de N y la consecuente reducción de los requerimientos de fertilizantes, la disminución de la erosión y la presión de malezas y la mejora de la eficiencia de conservación y almacenaje de agua.

En el esquema de rotación maíz-soja, es recomendable incluir una gramínea antes de la soja, con el objetivo de lograr cobertura, absorber nitratos residuales de la fertilización del maíz antecesor, aportar carbono y disminuir la germinación de las malezas, aprovechando la aplicación de glifosato utilizado para desecar el cultivo de cobertura.

La inclusión de un cultivo de leguminosa como cobertura antes del maíz genera protección del



(a)



(b)

Figura 5. Cobertura superficial con rastrojo de soja (a) y de maíz (b).



(a)

(b)

Figura 6. Vicia (a) y avena y trigo (b) como cultivos de cobertura.

Fuente: www.cadalcoop.com.ar

suelo, reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado e incrementa el rendimiento potencial del maíz. La Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) está llevando adelante un ensayo de sistemas productivos en la Subestación Monte Redondo en el que se incluyen cultivos de cobertura, tanto gramíneas como leguminosas. Debemos probar alternativas de cultivos que se adapten a las condiciones invernales de la región, a fin de evitar el uso de nuevos paquetes tecnológicos pensados para áreas climáticamente diferentes.

Algunas reflexiones

Siendo la agricultura de secano fuertemente dependiente del régimen de precipitaciones y de la capacidad de los suelos de la región de almacenar agua, está claro que quien quiere producir de modo sustentable debe trabajar sobre el segundo aspecto.

En caña de azúcar, los sistemas de cosecha en verde, con posterior mantenimiento de la maloja sobre la superficie, constituyen una herramienta eficaz para la conservación del agua en el perfil del suelo (lamentablemente, la quema de residuos de cosecha está todavía bastante extendida, por razones diversas). Por otro lado, en la producción de cultivos anuales como los granos, deben manejarse variables tales como fechas de siembra, rotaciones de cultivos de

verano, elección entre cultivos de invierno y barbechos, inclusión de cultivos de cobertura entre dos cultivos de cosecha, etc.

En definitiva, se trata de hacer un uso eficiente del agua verde, que es la que utilizan las plantas para producir alimentos. Sin embargo, deberíamos tener claro que el buen uso del agua almacenada no conduce necesariamente a

actividades agrícolas sustentables. La sustentabilidad es un concepto amplio, que involucra aspectos económicos, ambientales y sociales. Por ello, es imprescindible que la planificación del uso del recurso se haga teniendo en cuenta un enfoque totalizador, por lo cual es necesario imaginar prácticas y/o sistemas realizables y compatibles con la conservación del medio ambiente para las generaciones futuras.



Bibliografía citada

- Dantur, N.; C. Hernández; M. Casanova; V. Bustos y L. Guzmán. 1989. Evolución de las propiedades de los suelos en la región de la Llanura Chacopampeana de Tucumán, bajo diferentes alternativas de producción. *Rev. Ind. y Agríc de Tucumán* 66 (1): 32-60.
- De Oliveira, M. W.; P. C. O. Trivelin; A. E. Boaretto; T. Muraoka and J. Mortatti. 2002. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. *Pesq. Agropec. Bras.* 37 (6): 861-868.
- Digonzelli, P. A.; E. R. Romero; L. Alonso; J. Fernández de Ullivarri; H. Rojas Quinteros; J. Scandaliaris and S. Fajre. 2011a. Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 1: Dynamics of sugarcane harvest residue (trash) decomposition. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 88 (1): 1-12.
- Digonzelli, P. A.; M. J. Tonatto; E. R. Romero; G. A. Sanzano; J. Fernández de Ullivarri; J. Giardina and J. Scandaliaris. 2011b. Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 2: Soil water and thermal regime, stalk population dynamics and sugarcane production. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 88 (2): 1-12.
- Fandos, C.; F. J. Soria; P. Scandaliaris y J. I. Carreras Baldrés. 2013. Análisis departamental del proceso de expansión del cultivo de caña de azúcar en el área granera tucumana. En: Devani, M. R.; F. Ledesma y J. R. Sánchez, El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. Campaña 2012/2013. Publ. Espec. EEAOC (47): 205-208.
- Figueroa, L. R.; M. Morandini; C. F. Hernández; M. Devani; D. Gamboa y M. F. Figueroa. 2004a. Influencia de los barbechos invernales en el rendimiento de la soja en campañas con severos déficits hídricos. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 81 (1-2): 1-8.
- Figueroa, L. R.; M. Morandini; C. F. Hernández y M. F. Figueroa. 2004b. Estudio comparativo de la evolución de la humedad del suelo en parcelas en barbecho y con trigo. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 81 (1-2): 9-15.
- Hattendorf, M. J.; M. S. Redelf; B. Amos; L. R. Stone and R. E. Gwin. 1988. Comparative water use characteristics of six row crops. *Agron. J.* 80 (1): 80-85.
- Portocarrero, R. 2010. Interacción agua superficial-acuífero libre y el contenido de nutrientes en la cuenca del arroyo El Tejar, departamento Monteros, provincia de Tucumán. Tesis de maestría. Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional, San Miguel de Tucumán, R. Argentina.
- Romero, E. R.; J. Scandaliaris; P. A. Digonzelli; M. F. Leggio Neme; J. Giardina; J. Fernández de Ullivarri; S. D. Casen; M. J. Tonatto y L. G. Alonso. 2009. La caña de azúcar. Características y ecofisiología. En: Romero, E. R.; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.), Manual del cañero, EEAOC, Las Talitas, R. Argentina, pp.13-21.
- Sánchez, H. A.; J. R. García; M. R. Cáceres y R. D. Corbella. 1998. Labranzas en la Región Chacopampeana Subhúmeda de Tucumán. En: Panigatti, J. L.; H. Marelli; D. Buzchiazso y R. Gil (eds.), Siembra Directa. INTA. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, R. Argentina, pp. 245-256.
- Sanzano, G. A.; R. D. Corbella; J. R. García y G. S. Fadda. 2005. Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *Ci Suelo (Argentina)* 23 (1): 93-100.
- Sanzano, G. A.; M. Morandini; C. Hernández; H. Rojas Quinteros; F. Sosa; A. Hasán; G. Fadda y M. Devani. 2008a. Efecto de la cobertura de rastrojos y las propiedades edáficas superficiales sobre la erosión hídrica en monocultivo de soja. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 85 (1): 23:30.
- Sanzano, G. A.; F. Sosa; A. Hasán; C. F. Hernández; M. Morandini; H. Rojas Quinteros y J. Romero. 2008b. Pérdidas de suelo por erosión hídrica con lluvia simulada en caña de azúcar con y sin cobertura de residuos. *Avance Agroind.* 30 (3): 8-12.
- Viglizzo, E. F. 2014. El Noroeste Argentino, ¿una encrucijada ambiental? *Avance Agroind.* 35 (1): 10-15.



LUBRE S.R.L.
DISTRIBUIDOR YPF DIRECTO
RUTA 9 KM 1306 - LOS NOGALES - TUCUMÁN
TEL.: (0381) 4921419/21 - WWW.LUBRESRL.COM.AR

Servicios



Química de Productos Agroindustriales Horticultura
Centro de Saneamiento de Citrus Programa Granos
Zoología Agrícola Fitopatología Agrometeorología
Programa Caña de Azúcar Evaluaciones Energéticas
Mediciones Industriales Suelos y Nutrición Vegetal
Laboratorio de Biotecnología Manejo de Malezas
Economía y Estadísticas Sensores Remotos y SIG
Semillas Estudios Ambientales Zoología Agrícola



www.eeaoc.org.ar

William Cross 3150
Las Talitas - Tucumán
Argentina
Tel: (54 381) 452 1000
Fax: (54 381) 452 1008



ESTACION EXPERIMENTAL
AGROINDUSTRIAL
OBISPO COLOMBRES
Tucumán | Argentina

Pensando hacia adelante