

EQUILIBRIO DEL SUELO EN SIEMBRA DIRECTA. ¿QUÉ CAMBIA CUANDO INTRODUCIMOS LA GANADERÍA?

Hugo R. Krüger*. 2007. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, 52-59.

*INTA E.E.A. Bordenave.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Suelos y ganadería](#)

Palabras Claves: Siembra Directa, ganadería, infiltración, intensificación, cobertura, estructuración

INTRODUCCIÓN

Los primeros pasos de la Siembra Directa (SD) en el país fueron casi exclusivamente referidos a la agricultura. Aún hoy, el mayor porcentaje de hectáreas bajo este sistema corresponde a cultivos agrícolas. La introducción de la SD en sistemas ganaderos ha sido mucho más lenta. Contra todas las dudas iniciales, la mayoría de las investigaciones realizadas permiten afirmar que su implementación, en sistemas mixtos y ganaderos puros, no sólo es posible sino también beneficiosa.

La producción ganadera, por las características de los cultivos forrajeros y por el impacto del pastoreo directo, introduce variantes importantes respecto del equilibrio sistema-suelo alcanzado bajo agricultura pura. Estas particularidades, y su influencia sobre la producción, deben ser conocidas y entendidas para posibilitar el óptimo nivel de manejo en estos sistemas. A continuación se analizan algunos de los aspectos básicos del manejo de suelos en SD, con énfasis en su variante ganadera.

SIEMBRA DIRECTA: ¿SISTEMA O HERRAMIENTA?

Es un concepto que suele dividir aguas entre los practicantes de SD. Al margen de sus aspectos filosóficos, las implicancias de esta diferenciación, sobre el suelo y el sistema de producción, merecen un análisis detallado.

El "sistema SD" aplica la práctica integral de la técnica en todas las etapas que componen el sistema de producción. Al abandonar las labranzas en forma definitiva, en el suelo se pone en marcha una serie de procesos que llevan a un nuevo "equilibrio". Esto determina un ambiente/perfil edáfico muy diferente al conocido bajo labranzas.

El sistema SD representa sin duda alguna el verdadero Norte al que debe apuntar el manejo de suelos en zonas semiáridas. Por diversas razones se acepta, sin embargo, que no es posible la aplicación integral de la SD en todos los suelos y climas de la Región Pampeana. Esto es lo que da origen a la herramienta SD o práctica parcial de la SD.

La "herramienta SD" no descarta la realización de labores, sean estas ocasionales o habituales. Se la conoce también como "semidirecta", dado que en la secuencia de cultivos se alternan los realizados con labranzas, y aquellos en SD. En otras palabras: se aprovecha la posibilidad de poder "sembrar directamente", sin renegar del sistema clásico de labranzas.

Esta alternativa no conduce a los profundos cambios en el suelo que caracterizan la anterior, y por lo tanto no participa de muchas de sus ventajas. La remoción más o menos periódica del suelo (aunque sea superficial), elimina las distintas formas de cobertura y altera el sistema de raíces y bioporos del suelo. Es cierto que, en otro sentido, también se controlan efectos de compactación, se nivela la superficie del suelo, y se contribuye a resolver ciertos problemas de malezas o patógenos. Existen, de este modo, razones para considerarla un avance en relación con el sistema de labranza convencional, una etapa previa a la implementación del sistema SD, o bien un "mal menor" ante situaciones de difícil solución.

EL SISTEMA SD EN EQUILIBRIO CON EL SUELO

Luego de un período inicial de cambios, el suelo bajo SD permanente alcanza una suerte de equilibrio dinámico con el sistema de producción y el clima, desarrollando así un ambiente o perfil característico.

Según las propiedades consideradas, los tiempos para lograr este equilibrio varían considerablemente. Así, para obtener rendimientos similares a los logrados bajo labranza suelen ser necesarios de 3 a 5 años, según la textura y calidad de los suelos; valores aceptables de cobertura de residuos y un "mulch" superficial se alcanzan en 2 o 3 campañas, dependiendo de la secuencia de cultivos; aumentos efectivos en el contenido de materia

orgánica del horizonte superficial pueden observarse luego de 10 o más años de SD; finalmente, otras propiedades pueden requerir períodos más prolongados para alcanzar su equilibrio.

Un esquema de las principales características del suelo bajo Siembra Directa continua se presenta en la Fig.1. Es este perfil el que determina las principales ventajas de la SD respecto de las labranzas convencionales.

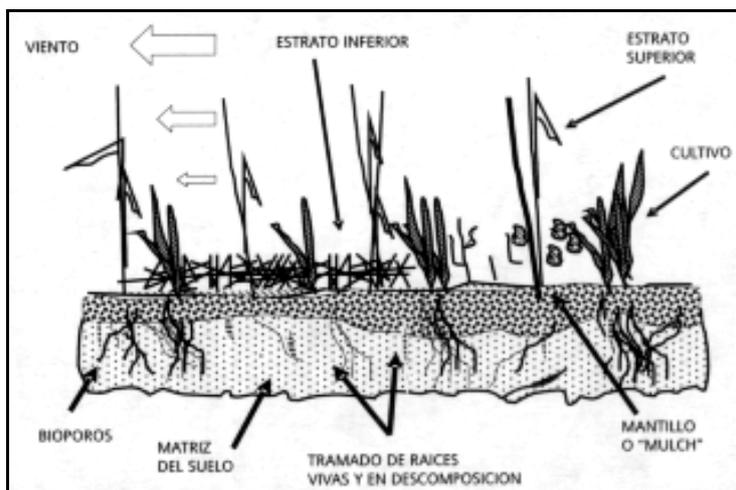


Figura 1: El ambiente del suelo bajo siembra directa permanente.

La cobertura del suelo está representada tanto por los residuos de cultivos anteriores como por el cultivo actual en crecimiento. Los primeros configuran dos estratos: uno superior o "en pie", formado principalmente por tallos que permanecen anclados al suelo en forma aproximadamente erecta. La homogeneidad y densidad que lo caracteriza, inmediatamente después de la cosecha del cultivo antecesor, se pierde paulatinamente con las operaciones de pulverización y siembra durante barbechos prolongados.

El estrato inferior está formado por todos los restos vegetales, de distinto tamaño, forma y estado de descomposición, que aparecen aplastados contra la superficie del suelo. Dependiendo del clima y del manejo, luego de algunos años en SD este estrato suele ser relativamente uniforme y espeso. El cultivo comienza su desarrollo a través del estrato inferior, y paulatinamente emerge entre los componentes del estrato superior. Si supera su altura, pasa a ser el elemento dominante del ambiente, con densidad y uniformidad relativamente elevadas.

Debajo del estrato inferior, inmediatamente sobre la superficie del suelo o mezclado con las primeras capas de material mineral, aparece el "mulch" o mantillo. Esta capa está compuesta por los materiales más finos y descompuestos del estrato inferior. Entre restos aún reconocibles de material vegetal aparecen productos de las primeras etapas de su descomposición: la materia orgánica "joven", junto con materiales más estables que responden a la denominación de materia orgánica "vieja".

La diferenciación entre el mulch y las capas superficiales del suelo es difícil, ya que la mezcla es importante, especialmente en los primeros centímetros. En SD continua, en forma similar a lo que ocurre bajo una pastura perenne, la concentración de materia orgánica en superficie avanza hacia capas inferiores a medida que transcurre el tiempo. Los resultados de estudios referidos a la dinámica de acumulación de la materia orgánica en SD son muy variables. Algunas investigaciones de larga duración sugieren que recién a partir de 10-15 años se puede comenzar a pensar en un incremento de la materia orgánica del suelo, en contraposición al conocido proceso inicial de estratificación. Por contener nutrientes en formas fácilmente asimilables por los cultivos, y por su concentración de material orgánico, el mulch representa la principal "caja" y reserva de fertilidad del suelo.

Por debajo del mulch, en el horizonte mineral del suelo, aparece un tramado más o menos denso conformado por las raíces vivas del cultivo en crecimiento, y por las raíces muertas de cultivos anteriores, en distintas etapas de descomposición. Los canales dejados por las raíces descompuestas y los túneles y cavidades originados por la actividad de la fauna del suelo forman los denominados "bioporos". A ellos se suman las grietas naturales, entre los agregados, y los huecos de origen genético para formar el sistema poroso que controla la circulación de aire y agua en el suelo.

Las principales características de los bioporos, además de su origen, son su calibre grande (mayor de 30 micrones), y su orientación preferencial en sentido vertical. La presencia, densidad y orientación de los bioporos es uno de los indicadores que define un sistema SD evolucionado. Contrarresta el asentamiento y la densificación que presenta el horizonte superficial durante las primeras etapas de SD.

EL SISTEMA SD EN FUNCIONAMIENTO

El nuevo ambiente desarrollado bajo SD tiene efectos sobre muchos procesos importantes desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema productivo. Entre ellos cabe mencionar:

- ◆ mayor disponibilidad de agua respecto de suelos con labranza
- ◆ detención de los procesos de encostramiento ("planchado")
- ◆ detención de la erosión eólica
- ◆ reducción importante de la erosión hídrica
- ◆ reducción de la degradación de la materia orgánica

DINÁMICA DEL AGUA

Es conocida la propiedad de la SD de mejorar la disponibilidad de agua del suelo respecto de sistemas bajo labranza. Esto se basa sobre tres mecanismos: captación, circulación y evaporación.

La captación del agua pluvial se favorece por la detención momentánea del flujo que realiza la cobertura. El agua de lluvia, para llegar al suelo, debe atravesar la capa de residuos. Una vez en el suelo, para escurrir sobre la superficie, debe recorrer un camino sinuoso a través de los residuos y tallos del cultivo. Todo este proceso retarda el escurrimiento y posibilita un mayor período de tiempo para la infiltración.

La mayor infiltración respecto de sistemas con labranza se explica por la presencia de macroporos que resultan más estables que los desarrollados por las labranzas. Estos últimos suelen colapsar fácilmente bajo precipitaciones intensas, o bien desaparecer paulatinamente al asentarse el suelo. La presencia de una estructura estable, con grietas y poros grandes, se traduce también en una mejor circulación del agua a través del perfil de suelo. El efecto de la fauna edáfica, construyendo túneles y canales en sentido vertical, favorece el almacenamiento de agua en capas profundas, donde será menos afectada por la evaporación.

La evaporación desde la superficie del suelo es el mecanismo que mayores pérdidas de agua provoca, especialmente durante barbechos largos. La cobertura de residuos tiene dos modos de acción importantes sobre este proceso, basados sobre la presencia de los estratos inferior y superior previamente descriptos.

El estrato inferior forma una pantalla protectora que atenúa la radiación solar. Esta, al incidir sobre la superficie del suelo, proporciona la energía térmica necesaria para que el agua pase del estado líquido al de vapor. La intercepción de la energía, que comienza el proceso de evaporación, retarda su ocurrencia. Si el estrato inferior no cubre totalmente la superficie del suelo con un espesor adecuado, el efecto de la SD puede ser contraproducente sobre la pérdida de agua. Esto es porque la densidad, relativamente elevada, de la capa superficial magnifica los fenómenos de capilaridad. Si el estrato inferior no aislara térmicamente la superficie húmeda del suelo, el agua se perdería más rápidamente por evaporación; el ascenso continuo por capilaridad secaría también las capas inferiores.

Un efecto colateral del estrato inferior de residuos es la reducción del calentamiento del suelo en los períodos cálidos (afectar la germinación de cultivos y malezas). También reduce la irradiación térmica desde el suelo durante la noche. En invierno esto mantiene una temperatura más uniforme en el suelo, pero puede favorecer el daño por heladas en el cultivo.

El estrato superior produce un efecto importante sobre la velocidad del viento. Aunque forma una cortina poco densa y permeable al viento, reduce su velocidad por rozamiento. El efecto es máximo sobre la superficie del suelo y favorece la permanencia de capas de aire "estancadas". Durante la evaporación, el vapor producido a partir del agua del suelo pasa a esta capa de aire. En ella se va concentrando paulatinamente hasta alcanzar un punto de saturación. En ese momento el aire no admite más vapor de agua y el proceso, que venía produciéndose a una tasa cada vez más lenta, se detiene.

Si la velocidad del viento sobre la superficie fuera elevada, la capa de aire saturado sería reemplazada rápidamente por una nueva capa de aire seco. Siempre habría una capa de aire con alta demanda de vapor de agua, y la evaporación continuaría indefinidamente mientras se mantuvieran las condiciones ideales de radiación, temperatura y humedad del suelo. El estrato superior de residuos, colabora entonces activamente en la reducción de la evaporación de agua del suelo.

ENCOSTRAMIENTO

El encostramiento o "planchado" del suelo se produce por el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie desnuda. Esto destruye los agregados y libera sus partículas individuales. Posteriormente, el movimiento de las partículas con el agua determina la formación de la microestructura laminar que caracteriza la costra.

La costra superficial genera una serie de consecuencias negativas: dificulta la emergencia de cultivos sensibles; disminuye la infiltración y favorece el escurrimiento, generando condiciones para la erosión hídrica; también favorece la erosión eólica al alisar la superficie y desagregar el suelo.

Si el estrato inferior de residuos cubre la superficie del suelo, con distribución y espesor adecuados, se evita el impacto directo de la lluvia y se elimina el encostramiento.

EROSIÓN EÓLICA

El proceso que conduce a la erosión eólica reconoce tres etapas: saltación, rodamiento y suspensión. La primera requiere que el viento circule con cierta velocidad sobre la superficie del suelo. La diferencia de presión que esto genera, entre la cara superior e inferior de las partículas, determina que la partícula "salte". Esta etapa afecta principalmente las arenas finas y limos. La partícula se eleva, es transportada una cierta distancia por el viento y luego cae.

Las partículas que caen a tierra impactan sobre otras más grandes (arenas), y las mueven unos centímetros "rodando" sobre el suelo. El proceso es multiplicativo y pone en movimiento una mayor cantidad de partículas de diferentes tamaños que colisionan entre sí. Algunas inician la saltación; otras más pequeñas (arcillas), son tomadas por la turbulencia del aire y puestas en "suspensión". Estas últimas pueden recorrer largas distancias a partir del punto de origen.

La virtual eliminación de la erosión eólica es una de las grandes ventajas del sistema SD. El estrato superior disminuye la velocidad del viento sobre la superficie, mientras que el inferior proporciona el reparo y la rugosidad necesarias para mantener las partículas en tierra, o para atrapar a las que llegan en saltación. Nuevamente, la distribución y espesor de la cobertura de residuos resultan fundamentales para el funcionamiento del sistema.

EROSIÓN HÍDRICA

El factor clave de la erosión hídrica es la fuerza de la gravedad (presencia de una pendiente). Otros factores involucrados favorecen el escurrimiento: encostramiento superficial, baja porosidad en los horizontes subsuperficiales, texturas muy arcillosas, etc.

Como se ha visto, el suelo estabilizado bajo SD desarrolla condiciones de estructura que mejoran la infiltración y la percolación. La presencia de residuos sobre la superficie del suelo reduce la velocidad del agua de escurrimiento. Nuevamente es importante la presencia de ambos estratos; los residuos anclados del estrato superior evitan que los sueltos del estrato inferior floten y sean arrastrados.

En general se ha observado que la SD no elimina la erosión hídrica. El escurrimiento se produce en última instancia, aunque la proporción de partículas de suelo en suspensión es sensiblemente menor que la determinada bajo labranzas.

DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

La materia orgánica, además de factor clave en numerosas propiedades del suelo, es un reservorio de nutrientes. Para que estos pasen a formas capaces de ser absorbidas por los cultivos debe descomponerse a través del proceso de "mineralización", que requiere que los residuos se pongan en contacto con los microorganismos del suelo, en condiciones de oxigenación, temperatura, y humedad adecuadas. Esta función la cumplen las labranzas, al remover el suelo e incorporar los residuos, hecho que las convirtió en la llave que regula la mineralización: más labranzas = más mineralización.

Si la remoción del suelo favorece la descomposición de la materia orgánica, la no remoción la retarda, disminuyendo la disponibilidad inmediata de nutrientes, pero "ahorrando para el futuro". Al reducirse la mineralización, la fertilidad potencial del sistema se incrementa, preservando y aún aumentando los niveles de materia orgánica del suelo.

La estratificación, o acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo bajo SD, puede tener consecuencias negativas para la nutrición de los cultivos. Dado que la mayor parte de los nutrientes esenciales se moviliza en solución, si se seca el horizonte superficial no habrá absorción. El cultivo dependerá, entonces, de la absorción de nutrientes desde capas más profundas. La disponibilidad de nutrientes en zonas del subsuelo es un indicador de "madurez" del perfil luego de un cierto número de años sin labranzas.

No es necesario recordar, que el mantenimiento de niveles adecuados de materia orgánica en el suelo es uno de los grandes problemas de la agricultura de secano. Dado que el ciclo de la materia orgánica tiene alta vinculación con la producción de materia seca y su incorporación al suelo, el impacto de la SD sobre la sustentabilidad de los sistemas productivos es importantísimo. A su vez, la disponibilidad permanente de materia seca sobre la superficie del suelo (residuos), es fundamental para la sustentabilidad de la SD.

¿QUÉ CAMBIOS INTRODUCE LA GANADERÍA EN EL SISTEMA DE SD?

Hasta aquí se ha hablado fundamentalmente de la SD en sistemas agrícolas. La ganadería introduce variantes importantes en el sistema. La posibilidad de intensificar la secuencia de cultivos, la dinámica de la cobertura de residuos, la estructura del suelo, y la disponibilidad de nutrientes a mediano-largo plazo son características propias de la ganadería en SD.

INTENSIFICACIÓN DE LA SECUENCIA DE CULTIVOS

Mientras los cultivos agrícolas requieren completar exitosamente su etapa reproductiva para llegar al producto final: el grano o semilla, en los forrajeros interesa principalmente la producción de biomasa, es decir su etapa vegetativa. Esta característica produce ciertas ventajas en zonas semiáridas:

- ◆ su ciclo, más corto, resulta influenciado en menor medida por avatares climáticos.
- ◆ salvo restricciones excepcionales, siempre se obtiene un mínimo de materia seca; por lo tanto la producción y su respuesta a la fertilización son más seguras que en cultivos de cosecha.
- ◆ dado que no requieren completar la etapa reproductiva, puede interrumpirse su ciclo en cualquier momento, después de alcanzar un cierto volumen de forraje. Esto les otorga una mayor plasticidad para su combinación en secuencias, ya sean estas forrajeras puras, o en alternancia con cultivos agrícolas.

La SD ha resultado especialmente exitosa en la implantación de cultivos forrajeros. La posibilidad de sembrar directamente sobre los residuos del cultivo anterior, más la facilidad de combinación de cultivos forrajeros y de grano permite aumentar el número de cultivos durante un período determinado. Esta "intensificación", que se viene realizando en forma creciente en la Región Pampeana, tiene como objetivo principal lograr un uso más eficiente de la tierra. Sin embargo permite, además, mejorar la captación de agua por el sistema productivo, factor no menos importante en la zona semiárida.

El barbecho es la técnica más conocida y tradicional para el manejo del agua. El éxito de esta práctica es indudable, y ha marcado un hito en la historia de la agricultura. En muchos casos suele ser la única forma de asegurar una producción relativamente estable.

Dado que implica un período sin uso del suelo, el barbecho favorece la producción individual del cultivo, y generalmente disminuye la producción global del sistema (menos cultivos, aunque con mayor rendimiento por unidad de tiempo). La opción resulta ventajosa para la producción de granos, especialmente en suelos con alta capacidad de almacenamiento de agua. En la medida en que los suelos disminuyen esa capacidad, también lo hacen las ventajas del barbecho desde el punto de vista de la eficiencia hídrica.

Aunque la SD ha mejorado la eficiencia de captación de agua respecto de los barbechos con labranza, los avances en la eficiencia de acumulación de agua no han sido todo lo exitosos que se esperaba. Estudios realizados en diversos países, incluyendo Argentina, muestran que durante los barbechos se sigue perdiendo en promedio el 50% del agua de precipitación, aún con SD.

Cuando se intensifica la secuencia de cultivos, se reduce la duración de los barbechos a un mínimo imprescindible y se incluyen más cultivos por unidad de tiempo. Esto produce un incremento en la producción global de materia seca por el sistema utilizando la misma cantidad de precipitación. Es decir, se logra un aumento en la eficiencia de "cosecha de agua" cuando se consideran períodos de tiempo suficientemente largos (10-15 años).

Esta línea de pensamiento se inició en las Grandes Planicies de EE.UU. en la década del 90. Se acepta que, sin la reserva de agua provista por el barbecho, los cultivos individuales se hacen más dependientes de la precipitación durante el ciclo, y pueden ver reducidos sus rendimientos individuales.

La teoría de la intensificación funciona bien durante ciclos húmedos, y es interesante para suelos con escasa capacidad de almacenamiento de agua. Debe ser considerada cuidadosamente en ciclos secos, ya que la falta de precipitaciones sin reservas de agua en el suelo puede conducir a la pérdida de cultivos.

Un aspecto clave en esta práctica lo constituye el balance de nutrientes. Desde el momento en que se aumenta la producción de materia seca (tanto de granos como de forrajes), se incrementa también la extracción de nutrientes, que debe ser compensada en forma adecuada.

COBERTURA SUPERFICIAL

Cuando se introduce la ganadería con pastoreo directo en el sistema SD, uno de los primeros efectos es el aplastamiento del estrato superior de la cobertura del suelo. Esto disminuye la eficiencia en el control de la evaporación de agua, y contribuye a acelerar la descomposición de los residuos.

En el primer caso se transfieren todas las funciones de la cobertura del suelo al estrato inferior, resaltando la necesidad de una distribución homogénea y un espesor suficiente. Este fenómeno ocurre a partir del primer pastoreo y hasta que el rebrote del cultivo retoma las funciones del estrato superior; también entre el último pastoreo y la implantación del cultivo siguiente. En este sentido debe resaltarse la importancia de regular el pastoreo, manteniendo un nivel mínimo de cobertura para no exponer el suelo a todos los efectos negativos ya descriptos.

La mayor velocidad de descomposición de los residuos cuando se los pone en contacto con el suelo, además de comprometer la cobertura superficial afecta el suministro de insumos para el ciclo de la materia orgánica. Así, la variación del nivel de cobertura se convierte en un indicador muy importante de la "salud" del sistema. En el corto plazo esta variación responde fundamentalmente al cultivo antecesor con grandes cambios a lo largo de la secuencia. En este orden debe cuidarse que los niveles mínimos de cobertura no queden por debajo de valores

críticos. En el largo plazo, interesa verificar que la tendencia general sea estable o ligeramente creciente. Una tendencia decreciente indica falta de sustentabilidad del sistema.

La Fig.2 muestra la variación de la cobertura superficial en una secuencia mixta con ciclos de girasol, trigo y avena forrajera. En el gráfico se representan los kilogramos de materia seca por hectárea determinados a la siembra de cada cultivo.

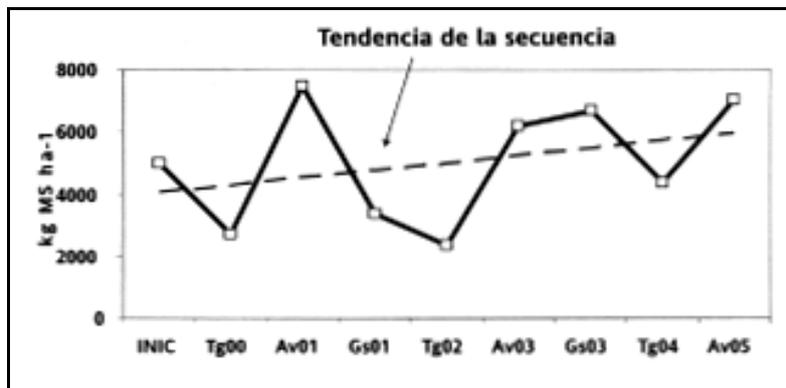


Figura 2: Variación de la cobertura superficial en una secuencia mixta del SO de Bs.As

Los niveles mínimos de cobertura se mantienen por encima de los 2000 kg de materia seca por hectárea. Ese valor se ha tomado como crítico para esa combinación de clima, suelo y cultivos, teniendo en cuenta que posibilita una distribución uniforme y relativamente espesa del estrato inferior.

A pesar de las fluctuaciones debidas a los distintos cultivos y a la variación climática, se observa que la tendencia (línea punteada), es estable a ligeramente ascendente. Esto sugiere que la provisión de materiales para el ciclo del carbono es adecuada y no determinará caídas de materia orgánica en el largo plazo.

Para verificar esta hipótesis, en la Fig.3 se presenta la variación de los valores de materia orgánica determinados periódicamente en el mismo lote. Puede observarse que los mismos también muestran una tendencia estable o ligeramente creciente.

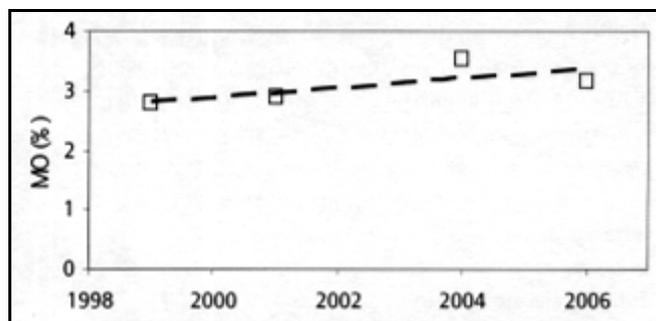


Figura 3: Variación del contenido de MO de la capa superficial en una secuencia mixta del SO de Bs. As.

Puede ocurrir que en alguna etapa de la secuencia los valores de cobertura queden por debajo del nivel crítico establecido. O bien que su evolución en el tiempo (o los valores de materia orgánica del suelo), muestren tendencias negativas. En ese caso será necesario introducir un cultivo que produzca suficiente volumen de residuos como para restablecer el adecuado funcionamiento del sistema.

Otra opción interesante en estos casos son los llamados cultivos de cobertura.

Estos se producen con el único fin de aumentar la cantidad de materia seca en la superficie del suelo, y son desecados con herbicidas en el momento oportuno. Así, desde el punto de vista hídrico, se favorece la captación del agua pluvial, se previene la evaporación y se dificulta la emergencia de malezas que consuman agua. Desde otro punto de vista se favorece la incorporación de materia orgánica al suelo, con sus conocidos efectos sobre la fertilidad físico-química.

En sistemas ganaderos la posibilidad de interrumpir en cualquier momento el ciclo de un cultivo forrajero lo convierte en un potencial cultivo de cobertura. El problema está dado por el hecho que el manejo de la cobertura del suelo y el manejo del forraje son actividades absolutamente competitivas. Un aspecto obvio, pero no menos importante, es que el cultivo de cobertura consume agua. Esto debe tenerse en cuenta en relación con la distribución esperada de las lluvias y el momento del desecamiento, a fin de evitar que ese consumo perjudique al cultivo sucesor. Tal como ocurre con el barbecho, en suelos con escasa capacidad de almacenamiento de agua el cultivo de cobertura puede resultar poco eficiente si se lo mira desde el punto de vista exclusivamente hídrico. En

este caso su utilización puede ser justificada, además, por el manejo de la cobertura superficial y del ciclo del carbono del suelo.

La inclusión de cultivos de cobertura también implica una intensificación de la secuencia de cultivos y puede afectar el balance de nutrientes. Si no existe pastoreo, la producción de materia seca no se exporta del sistema. Se trata en realidad de una relocalización o "fijación" de nutrientes, en la mayoría de los casos beneficiosa. El gran dilema del cultivo de cobertura, en sistemas mixtos, continúa siendo la necesidad de desecarlo en lugar de utilizarlo como forraje, especialmente durante épocas de sequía.

ESTRUCTURA DEL SUELO

El impacto del pastoreo directo sobre la estructura del suelo, representada en este caso por el sistema poroso, es uno de los procesos que más dudas genera a la hora de introducir la SD en sistemas ganaderos. La principal limitante está dada por el hecho que toda compactación que se produzca en SD no tiene posibilidades de ser removida por labranzas. Así, la regeneración de la porosidad queda librada principalmente a procesos biológicos o a intervenciones mecánicas durante la siembra.

La mayor resistencia a la penetración en suelos bajo SD previene, en cierta medida, el efecto de compactación por pisoteo, y explica el carácter eminentemente superficial de este fenómeno. También contribuyen a amortiguar la compactación: la cobertura superficial (estrato inferior y mantillo), y el tramado de raíces, que aumentan la superficie de sustentación de la pezuña. La presencia de raíces evita, además, la deformación del poro/canal que las contiene.

Las experiencias realizadas en suelos con contenidos de arcilla-limo cercanos al 50%, indican que la compactación por pisoteo alcanza los 10 cm de profundidad en condiciones normales, y puede extenderse hasta los 15 cm en casos extremos de pastoreo en húmedo. En comparación suelos recién labrados se compactan hasta profundidades mayores a 20 cm durante el primer pastoreo. La remoción muy superficial de esta capa compactada suele generar "pisos de labranza" por debajo de la profundidad no removida. En realidad el origen de estos pisos es mixto: labranzas y pisoteo animal.

Como es sabido, la resistencia del suelo y sus posibilidades de deformación permanente se relacionan con el contenido de humedad. Una prueba relativamente sencilla, conocida como Test Proctor, permite visualizar estos efectos (Fig.4).

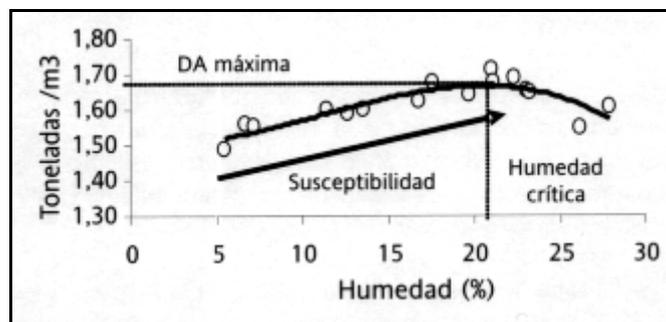


Figura 4: Curva Proctor

Muestras de suelo con contenidos de humedad creciente se someten a una energía de compactación uniforme, y se determina su densidad final. En la figura se observa que: al aumentar el contenido de humedad, la deformación o densidad alcanzada también se incrementa. Superado un máximo de humedad (límite plástico), el suelo disminuye su densidad final.

La denominada "curva Proctor" nos proporciona dos datos importantes: el contenido de humedad al que produce el máximo efecto de compactación para ese suelo, y la densidad alcanzada en ese momento. Una primera interpretación de la curva Proctor indica que suelos cercanos a su máximo contenido de humedad son más afectados por la compactación. Las densidades máximas varían, por otra parte con la textura del suelo, siendo mayores en suelos arenosos que en los francos o arcillosos. El contenido de materia orgánica disminuye la densidad aparente máxima alcanzada y contribuye a mitigar la compactación.

El principal efecto de este proceso es la disminución en el diámetro de los poros. Habitualmente los poros grandes son los más afectados. Por sus funciones de conducción de aire y agua, esto origina menor infiltración durante las lluvias, y una reducción en la tasa de mineralización (disponibilidad de nutrientes). En ciertos casos, los cultivos que suceden inmediatamente al pastoreo suelen presentar reducción de sus rendimientos. Además de las causas previamente señaladas, se ha identificado a las fallas de implantación, consecuencia del suelo seco y duro al momento de la siembra, como uno de los determinantes de la merma de rendimientos. El sistema poroso se recupera generalmente luego del siguiente cultivo, a menos que el suelo presente una alta susceptibilidad genética a la compactación (suelos muy limosos).

Entre las estrategias posibles para superar la caída de rendimientos en el cultivo que sucede a un verdeo pastoreado se cuentan:

- ◆ El mantenimiento de una cobertura mínima luego del último pastoreo. Esto favorece la recarga del perfil del suelo durante el barbecho previo, previene el desecamiento de la capa superficial (disminuye la resistencia a la penetración), y facilita la siembra.
- ◆ La utilización de cultivos sucesores poco sensibles a la compactación (trigo), de menor valor relativo (forraje vs. granos de alto valor), o con sistemas radicales densos y de gran calibre que faciliten la recuperación del sistema poroso (sorgo).
- ◆ Un especial cuidado durante la siembra, que incluya humedad adecuada del suelo, bajas velocidades, y eventualmente remoción de la capa superficial compactada mediante escarificadores especiales instalados en la sembradora.

La realización de labranzas superficiales, generalmente una pasada de rastra de discos, muy utilizada en ciertas regiones debe ser reservada como última opción. Esta intervención atenta contra la mayor parte de los elementos descritos en el equilibrio del suelo bajo SD permanente. Implica, entre otras desventajas, la eliminación de los distintos estratos de cobertura; la rápida mineralización del mulch; la pérdida de parte del sistema de bioporos y raíces. Si bien en algunos casos suele ser una alternativa inevitable, significa un retorno a la situación inicial del suelo, con la pérdida de los años transcurridos hasta alcanzar el equilibrio bajo SD.

REFLEXIÓN FINAL

El sistema SD, tal como se lo plantea en esta contribución, difiere rotundamente del simple hecho de "sembrar directamente". Se ha tratado de describir las particularidades del equilibrio alcanzado en el ambiente/suelo con la idea de entender la importancia de cada componente y la necesidad de mantenerlos activos. Si bien esto desalienta la utilización de la llamada "siembra semidirecta", se acepta que situaciones nuevas o complejas pueden determinar desvíos respecto de la filosofía original.

La ganadería introduce variantes que pueden afectar los rendimientos de cultivos individuales aunque, en la mayoría de los casos, el sistema de producción se beneficia por la incorporación de la SD. Esto es especialmente importante en zonas donde el manejo del agua y la materia orgánica del suelo son claves.

Es necesario tener en cuenta que cualquier tecnología que resuelve un problema, inevitablemente genera otros. La investigación, la práctica y la difusión permanente de información son vías para la evolución permanente hacia sistemas de producción más sustentables.

[Volver a: Suelos y ganadería](#)