

RESTRICCIONES FÍSICAS DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS SIN LABOREO

Daniel L. Martino¹

La estructura física del suelo regula la capacidad de almacenaje y los flujos de diferentes compuestos y energía, y afecta a los cultivos a través de cuatro propiedades fundamentales: la resistencia mecánica, y la disponibilidad de agua, oxígeno y energía para las raíces. Dichas propiedades son comúnmente expresadas a través de la resistencia a la penetración de sondas metálicas, el potencial de agua, la tasa de difusión de oxígeno, y la temperatura, respectivamente.

Estructura de suelo ideal

Un suelo ideal desde el punto de vista físico es aquel que posee una amplia capacidad de almacenaje de agua, lo que le permite mantener altos niveles de crecimiento en los períodos entre lluvias. Esta capacidad de almacenaje está en buena medida determinada por la textura del suelo y por la profundidad del suelo explorado por las raíces.

Una segunda característica importante es que, al secarse, el suelo no desarrolle altos niveles de resistencia mecánica, que impidan el crecimiento de raíces en suelo seco. La resistencia a la penetración de un suelo aumenta exponencialmente con la disminución en el contenido de humedad. Este incremento es mayor en suelos pesados que en suelos livianos, y también depende del manejo del suelo y la profundidad.

En tercer término, también es deseable que en condiciones de alto contenido de humedad el intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono) no se vea afectado. En este sentido, la abundancia de macroporos, que además presenten la característica de estar interconectados para darle continuidad al flujo de gases, es una característica altamente deseable.

La disponibilidad de cantidades necesarias de energía térmica sería la cuarta característica deseable de un suelo. Si bien la temperatura del suelo es afectada principalmente por la temperatura del aire, hay otros factores como la textura, el arreglo espacial de los sólidos del suelo y el contenido de humedad, que determinan la conductividad térmica, es decir, el grado de paralelismo entre la temperatura del aire y la del suelo.

Estas cuatro características se relacionan con los cuatro factores básicos que definen el ambiente físico de los órganos subterráneos de las plantas. Sin embargo, la definición de la estructura óptima de un suelo implica por lo menos dos factores adicionales. En primer término, interesa una alta capacidad de infiltración de agua en el suelo, a efectos de captar agua de lluvias intensas. En segundo término, es deseable que la estructura del suelo que puede ser ideal en un momento dado, lo sea en forma permanente. La estabilidad de la estructura es pues, un factor muy importante a considerar.

La estructura del suelo bajo siembra directa

La adopción de la siembra directa, especialmente en suelos que han sufrido procesos degradativos por laboreos, puede favorecer, en el mediano a largo plazo, la reconstitución de su estructura. Sin embargo, en el corto plazo, el éxito de la siembra directa puede estar limitado por restricciones físicas del suelo. La particular combinación de factores que caracteriza a la agricultura uruguaya agudiza la potencial ocurrencia de estos problemas. Estos factores incluyen: suelos de texturas medias a pesadas con baja capacidad de infiltración de agua, clima con frecuentes excesos de humedad, y frecuente tráfico de maquinarias y animales sobre los suelos.

¹Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital, INIA La Estanzuela.
E-mail: martino@inia.org.uy

Los cultivos que se desarrollan en suelos indisturbados son sujetos con frecuencia a deficiente contacto entre semillas y suelo, a frecuentes excesos de humedad, a una elevada resistencia mecánica para el crecimiento de las raíces, a deficiencias de nutrientes, y a frecuentes deficiencias de agua. Estas condiciones se manifestarían con máxima intensidad durante la transición desde sistemas basados en laboreo, y tenderían a desaparecer debido a la acción en el largo plazo de los procesos de acumulación de materia orgánica, crecimiento y descomposición de raíces, y actividad de la mesofauna del suelo.

Los trabajos conducidos por el INIA en La Estanzuela y en varios puntos del litoral oeste y sur del país en los últimos diez años han revelado que los problemas físicos de suelo asociados a la siembra directa son muy frecuentes. Muchas veces, esas deficiencias son disimuladas por las numerosas ventajas de la técnica de producción, y pasan desapercibidos para el productor. Otras veces, los efectos negativos de una estructura deficiente son muy evidentes, y han conducido a diversos fracasos. Los problemas de estructura física de suelo más comúnmente observados en Uruguay han sido los siguientes:

- baja disponibilidad de energía térmica para la implantación tanto de cultivos de invierno como de cultivos de verano tempranos, lo cual determina largos períodos siembra-emergencia, pérdida de vigor de las plántulas, y mayor susceptibilidad a enfermedades e insectos, todo lo cual puede resultar en bajas densidades de plantas.
- baja capacidad de infiltración de agua en los suelos, especialmente en situaciones de suelo muy degradado, o en donde hubo previamente intenso tráfico de maquinaria y/o animales en pastoreo; lo que determina ocurrencia de déficits hídricos (aún en caso de relativa abundancia de lluvias), problemas de sobrevivencia de plantas y pérdidas de productividad.
- elevada resistencia mecánica del suelo, que impide su adecuada exploración por las raíces, especialmente en períodos de baja disponibilidad de agua; este problema afecta principalmente a los cultivos de verano, en especial al maíz, que es muy susceptible a la deficiencia de agua.
- deficiencia de oxígeno para la germinación y profundización temprana de las raíces, principalmente en condiciones de abundancia de rastrojo y exceso de lluvias, que afecta a cultivos de invierno.

Manejo de la estructura del suelo en siembra directa

Tradicionalmente, diversas prácticas de laboreo han sido la principal herramienta para mitigar los problemas de compactación y otras deficiencias estructurales de los suelos. Sin embargo, la mejora en la estructura lograda a través del laboreo es en general transitoria, particularmente en suelos degradados, con bajo contenido de materia orgánica y pobre estabilidad de agregados. La reiteración de laboreos en el tiempo conduce a un proceso de degradación de la estructura en el mediano y largo plazo.

La actual tendencia mundial hacia la eliminación del laboreo hace necesario buscar nuevas alternativas para lidiar con los problemas de estructura física de los suelos. A continuación se describe los avances logrados por el INIA en el desarrollo de estas nuevas formas de manejo de las condiciones físicas de los suelos.

Aflojamiento mecánico del suelo: el Paraplow

El Paraplow es una herramienta de subsolado desarrollada en Inglaterra hace dos décadas, que permite aflojar suelos compactados hasta una profundidad de 50 cm, con muy escasa disturbación de la superficie y, por consiguiente, apta para ser usada en sistemas de siembra directa. Su utilización ha permitido superar las restricciones físicas de los suelos, e forma económicamente factible, en un amplio rango de situaciones evaluadas.

En los diversos experimentos y pruebas realizados, el Paraplow redujo la resistencia mecánica de los suelos, mejoró la capacidad de infiltración de agua e incrementó la aereación del suelo en condiciones de alta probabilidad de exceso hídrico. Sus efectos tuvieron una residualidad de hasta dos años. El aflojamiento del suelo ocurrió virtualmente en todo el volumen hasta 45 cm de profundidad. El efecto máximo ocurrió a una profundidad de entre 20 y 30 cm, mientras que el mínimo efecto se verificó a 10 cm de profundidad. No hubo diferencias en la efectividad del subsolado debidas a variaciones en el

contenido de humedad del suelo en el momento de la operación.

En la amplia mayoría de casos, el Paraplow indujo aumentos de rendimiento de los cultivos. La respuesta de los cultivos varió según la especie, el tiempo transcurrido desde el subsolado, las características climáticas, principalmente la cantidad de lluvia, y otros factores tales como la infestación con malezas.

La respuesta de los cultivos al Paraplow se explica por sus efectos positivos sobre la implantación (a través de la minimización de excesos hídricos, aumento de temperatura del suelo y mejora en el contacto entre semillas y suelo); la proliferación de raíces (a través de la reducción en la resistencia mecánica, la mejor aereación del subsuelo y la mayor infiltración de agua); y la sobrevivencia de macollos y órganos reproductivos (a través de un mayor número de raíces adventicias).

Laboreo biológico de los suelos

Otro enfoque para evitar los problemas físicos del suelo en sistemas de siembra directa sería la explotación de la habilidad de ciertas especies para desarrollar sus raíces en suelos con altos niveles de compactación. Estas raíces producirían un sistema de canales en el suelo, los cuales podrían ser utilizados por las raíces de otros cultivos más susceptibles a la compactación. Este "laboreo biológico" también puede ser efectuado por organismos del suelo como las lombrices, aunque aún no se dispone de técnicas refinadas para su manipulación.

Los resultados obtenidos hasta el presente en La Estanzuela muestran que la alfalfa y la achicoria fueron, entre las diversas especies forrajeras evaluadas, las que determinaron una mejor estructura en el suelo luego de 4-6 años. Esta mejor estructura del suelo se reflejó en una alta productividad de sorgo granífero y trigo sembrados a continuación de las forrajeras. La ventaja de estas especies sobre otras como la festuca, el trébol blanco y el trébol rojo, estuvo asociada a una superior capacidad de infiltración de agua en el suelo y a una más profunda exploración del suelo por las raíces de los cultivos cerealeros. Si bien aún no se dispone de evidencias concluyentes, las especies con raíces pivotantes tienden a mejorar la condición física del suelo en mayor medida que aquellas con sistemas de raíces fibrosas.

Explotación de la variabilidad genética de los cultivos

Ciertas características asociadas con tolerancia a la resistencia mecánica o a la anoxia presentan variabilidad genética intraespecífica. Estas características podrían ser identificadas para desarrollar cultivares que puedan ser utilizados en ambientes con restricciones físicas del suelo.

Aún son escasos los avances, en Uruguay y en otros países, en la evaluación de la interacción genotipo x sistema de laboreo y en la identificación de cultivares aptos para siembra directa. Es muy posible que en los próximos años comiencen a dar frutos los trabajos iniciados recientemente en La Estanzuela en este sentido.