



## Compactación del suelo

### Introducción

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él.

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de uso agrícola intensivo que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas.

Los principales factores en la actividad agrícola que tienen incidencia en la compactación son:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

Su principal consecuencia es la modificación de la porosidad. A medida que se incrementa la compactación disminuye el espacio poroso, especialmente la porosidad de mayor diámetro que es la ocupada por el aire y el agua útil. La infiltración también se ve afectada ya que disminuye la permeabilidad de la capa compactada. Si esta compactación se produce en la capa superficial se producirá un incremento de la escorrentía y de la erosión, y si la capa compactada está a una cierta profundidad aparecerán problemas de encharcamiento al disminuir la velocidad de infiltración. La mayor escorrentía y la menor tasa de infiltración hacen que una parte del agua caída no pase a las capas inferiores del suelo, por lo que cuando el suelo se encuentra compactado la reserva de agua es mucho menor.

De los tres factores principales que tienen incidencia en la compactación de suelos habría que prestarle mayor atención a la compactación producida por el uso de maquinaria agrícola. La grandes superficies cultivadas llevaron a los productores y fabricantes de maquinarias agrícolas a tener la necesidad de usar máquinas cada vez mas grandes y de mayor capacidad de trabajo, sin prestarle atención a la mayor presión que ejercen los neumáticos en los sitios de los lotes en que estos implementos se usan.

### Impacto de la compactación del suelo

Podemos decir que la estructura de suelo ideal se compone de un 50% del suelo, 25% de espacio de agua y 25% del espacio con aire.

La compactación del suelo modifica estas proporciones produciendo un aumento en su densidad (densidad aparente), au-

mentando su resistencia mecánica, destruyendo y debilitando su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macroporosidad (porosidad de aireación) del suelo.

La compactación del suelo provoca la pérdida de rendimiento en la producción de cultivos mediante la restricción de crecimiento de las raíces y la reducción de la circulación del aire y el agua en el suelo.

Las raíces necesitan agua y oxígeno para poder desarrollarse, y además debe existir un espacio poroso adecuado entre las partículas del suelo por el que puedan ir creciendo. El principal obstáculo con el que se puede encontrar la raíz en su crecimiento es el impedimento mecánico que puede deberse tanto a la presencia de rocas u horizontes muy pedregosos a poca profundidad, como a la presencia de capas de suelo endurecidas o compactadas, en las cuales la densidad es alta y existen pocos espacios entre las partículas. Debemos tener en cuenta que, aunque las raíces son capaces de penetrar por grietas y poros muy pequeños, las paredes de éstos deben ser capaces de ceder ante la presión ejercida por éstas. Conforme va aumentando la densidad del suelo el crecimiento de las raíces va requiriendo un mayor gasto de energía y su desarrollo va siendo afectado, pudiendo verse totalmente impedido si la compactación es excesiva (Figura 1).



**Figura 1:** Desarrollo de un cultivo en un suelo con restricciones físicas de suelos.

Los factores que van a tener un efecto directo sobre el crecimiento de las raíces son:

- Aumento de la resistencia mecánica del suelo.
- Disminución de la macroporosidad del suelo.

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón

## Síntomas y detección de la compactación del suelo

Dado que la compactación del suelo afecta el crecimiento de las raíces, los síntomas por encima del suelo pueden tomar muchas formas. Los signos de compactación pueden incluir:

- Plantas de menor tamaño, achaparradas y de escaso crecimiento en forma aislada o pequeños grupos de plantas con esta sintomatología rodeadas de plantas normales. El marchitamiento de las plantas en ciertas áreas de un campo puede ser señal de compactación. Esto puede deberse a que los sistemas radiculares poco profundos no permiten absorber la humedad en el subsuelo (Figura 2).



Figura 2: Plantas con crecimiento anormal y plantas normales

- Patrones visibles de parches o rodales de plantas achaparradas dentro del cultivo (Figura 3).



Figura 3. Parches o rodales con plantas achaparradas.

- Malformación en el crecimiento de las raíces, incluye raíces planas, cortas, delgadas y torcidas. Las raíces que crecen en un suelo con compactación subsuperficial pueden crecer más de manera horizontal que vertical y tener un sistema radicular poco profundo (Figura 4).



Figura 4. Raíces planas en suelo compactado.

de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total.

La disminución de la macroporosidad del suelo va a producir una baja capacidad de aireación y oxigenación del mismo, lo que va a producir una disminución de la actividad de las raíces y, consecuentemente, un menor crecimiento de éstas, un menor volumen de suelo explorado, una menor absorción de agua y nutrientes. Este efecto se puede agravar si se riega en forma excesiva, llegando a provocar la muerte de las raíces por asfixia. Esto es debido a que los escasos macroporos que pueden airear el suelo van a permanecer llenos de agua gran parte del tiempo.

El resultado final de la compactación del suelo es un menor potencial de rendimiento en la producción de cultivos. La pérdida de rendimiento puede variar ampliamente dependiendo de la extensión de la compactación del suelo y las condiciones ambientales que afectan al cultivo durante su desarrollo. Condiciones de crecimiento favorables, tales como precipitaciones en tiempo y una óptima fertilidad, pueden minimizar los efectos de la compactación. Una compactación severa puede causar una pérdida de rendimiento de hasta un 60%, sin embargo, se estima que en promedio la compactación reduce el potencial de rendimiento entre un 10 a 20%.

## Compactación potencial

Los suelos que tienen una humedad por encima de la capacidad de campo, tienen un mayor potencial para la compactación. El agua actúa como lubricante entre las partículas del suelo, lo que permite que éstas sean colocadas unas al lado de otras. A medida que más espacio de aire se sustituye por agua, el potencial de compactación va en aumento. Hay un punto, sin embargo, cuando la mayor parte del espacio aéreo se llena de agua (cerca de la saturación) que el potencial de compactación de un suelo disminuye. Por lo tanto, un suelo muy mojado tiene menos potencial de compactación que un suelo moderadamente húmedo.

La textura del suelo (% de arena, limo y arcilla en un suelo) tiene, en cierta medida, un efecto sobre la compactación. Los suelos que contienen partículas de igual tamaño tienen un menor potencial de compactación que los suelos que tienen partículas de diferentes tamaños. Las partículas más pequeñas pueden llenar los espacios entre partículas de mayor tamaño, lo que aumenta la densidad del suelo. Un suelo franco arenoso es el más susceptible a la compactación, mientras que las arenas puras, arcillas, limos, son los menos susceptibles.

La estructura del suelo también juega un papel en el potencial de compactación. Esta se define como comportamiento de un suelo cuando se rompe en pequeños grupos de cohesión. La materia orgánica mejora la estructura del suelo mediante la creación de los agregados del suelo (se deshacen fácilmente). Suelos con mayores niveles de materia orgánica, en general, tienen una mejor estructura del suelo y resisten mejor la compactación.



- El crecimiento por encima del suelo está directamente relacionado con el crecimiento de la raíz debajo del suelo. Si el crecimiento de raíces se ve perjudicado, el crecimiento vegetativo por encima del suelo es probable que se afecte.
- Falta de nutrientes en los cultivos puede ser otro signo de la compactación. Ya que las raíces son las vías para que los nutrientes del suelo lleguen al cultivo, las restricciones a las raíces pueden reducir la interceptación de estas a los nutrientes en el suelo. Deficiencias de fósforo, potasio y nitrógeno, pueden ser síntomas secundarios de la compactación del suelo.
- Agua en superficie o erosión causada por el agua, pueden deberse a una compactación del suelo. Al reducirse el espacio de los poros del suelo, entonces el agua no es absorbida con la misma facilidad.

Ante la sospecha de compactación, es pertinente proceder a la verificación de esas áreas compactadas, para lo cual se puede usar un penetrómetro de punta de cono. Sin embargo, esta herramienta tiene sus limitaciones para el diagnóstico, ya que la resistencia a la penetración es una función de la densidad del suelo y de la humedad del mismo.

Tal vez la mejor forma de confirmar si existe compactación sea revisando los patrones de crecimiento de las raíces en el perfil del suelo del lote bajo análisis. Para esto es necesario descubrir las raíces usando una pala y observar en qué condiciones están creciendo las mismas, si estas pueden profundizar libremente o si se observan impedancias que limitan su desarrollo. (Figura 5).



Figura 5. Patrón de crecimiento de raíces en suelo compactado.

### Disminución de la compactación del suelo

La compactación del suelo es un fenómeno difícil de corregir y de un elevado costo. Por lo tanto, hay que tomar las medidas necesarias para que este fenómeno no ocurra o bien se controle, de manera que no llegue a niveles que limiten el potencial productivo de la especie cultivada. También debe tenerse en consideración que si bien el problema puede ser aliviado con algunas medidas de corrección, existe el riesgo de recompactar el suelo y el lote puede quedar en un nivel de mayor degradación aún. Por lo tanto, luego de aliviada la compactación, es necesario realizar prácticas de manejo de suelos que eviten que este fenómeno se vuelva a producir en forma intensa.

La mejor estrategia para minimizar la compactación es evitar trabajar los suelos húmedos, especialmente en las estaciones

de mayor precipitación. La eliminación de toda la compactación del suelo, sin embargo, es casi imposible.

Estos son algunos consejos para reducir la compactación de los suelos:

- Controlar el tráfico de rodados. Las investigaciones muestran que el 80% de la compactación por rodados se produce en la primera pasada, por lo que se deberían limitar las pasadas a través del lote y usar el mismo patrón de tráfico siempre que sea posible.
- Aumentar la superficie del neumático en contacto con el suelo mediante el uso de neumáticos dobles, neumáticos de mayor diámetro, neumáticos radiales, o disminuyendo su presión de inflado. Esto puede aumentar el potencial de compactación de la superficie, pero reduce la compactación del suelo en profundidad, que es lo más difícil de solucionar.
- En siembras convencionales se deberían alterar las profundidades de la labranza para evitar efectos aditivos y el piso de arado.

### Compactación del suelo: manejo

- Si la compactación que existe en un lote es superficial se puede solucionar relativamente fácil con roturación del suelo en los primeros 5 cm. usando rodillos aireadores o rastras rotativas.

Si la compactación es en profundidad se deben realizar roturaciones hasta por lo menos 40 cm. de profundidad usando principalmente escarificadores o subsoladores con los que se va rompiendo la capa endurecida para permitir la infiltración del agua y el paso de las raíces a través de los agrietamientos producidos. Hoy en día las descompactaciones por debajo de la profundidad normal del arado son difíciles de resolver y de alto costo económico.

Antes de utilizar el subsolador se debe identificar a qué profundidad está la compactación y pasarlo 5 a 10 cm. por debajo de la misma, y con el suelo lo suficientemente seco. Si se hace un subsolado cuando el lote tiene la humedad del suelo a capacidad de campo se puede crear más compactación en vez de eliminarla.

El subsolador (Figura 6) es la herramienta que utilizada convenientemente afloja el suelo y va soltando las capas compactadas, levantándolas y disgregándolas, formándose una red de macroporos interconectados, algunos de los cuales van desde el subsuelo suelto hasta la superficie, actuando como vías para la penetración de raíces y el flujo de agua y aire. Los subsoladores normalmente trabajan a profundidades de 30-70 cm.

El subsolado es una labor de elevado costo y por lo tanto debe hacerse sólo cuando las características del suelo lo justifican. Por lo tanto, antes de tomar la decisión de hacer esta labor debe estudiarse con detención el perfil del suelo, determinando la presencia de estratos de suelo compactados, analizando su ubicación y distribución espacial en el lote.

- Numerosos Investigadores y Técnicos opinan que la escarificación no es compatible con la siembra directa (SD): indican que en un sistema de producción sin remoción de suelo y con la adecuada rotación de cultivos no hay compactación excepto en las huellas que puedan generarse por el paso de los carros graneleros y las cosechadoras. A su vez,



## Referencias:

afirman que para reducir la compactación se debe recurrir a la utilización de recursos biológicos que estén orientados a mejorar la porosidad y estabilidad de los agregados del suelo. Al generar cubierta vegetal (por cultivos de rotación ó praderas permanentes) se incorpora materia orgánica al suelo a través de la parte aérea y de las raíces de las plantas. En este sentido, se debe considerar la inclusión de especies de arraigamiento profundo para que las raíces lleguen y penetren el subsuelo compactado, favoreciendo la estructuración del suelo y la formación de macroporos más estables que aquellos que se pueden generar mecánicamente. Esta práctica tiene un mayor efecto a largo plazo que las medidas anteriores, por lo que se la considera también como un manejo preventivo.

Finalmente, estos técnicos afirman que la labor de escarificado aumenta los costos comparado con una SD continua y no aporta una solución de largo plazo.



Figura 6. Subsolador.

1. R. Balbuena, G. Botta, L. Draghi, H. Rosatto y C. Dagostino: Compactación de suelos. Efectos del tránsito del tractor en sistemas de siembra directa
2. Glinski, J & J Lipiec. 1990. Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida, USA. 250 pp.
3. [http://www.abcagro.com/includes/top\\_frame.asp?target=http://www.chileriego.cl](http://www.abcagro.com/includes/top_frame.asp?target=http://www.chileriego.cl).