

Capítulo 2.

Propiedades físicas de los suelos y su relación con la producción de Maíz

Jorge Carrasco Jiménez,

Dr. Ingeniero Agrónomo,

jcarrasc@inia.cl

Cristian Aguirre Aguilera,

Ingeniero Agrónomo

cristian.aguirre@inia.cl

Luis Silva R.,

Técnico Agrícola

lsilva@inia.cl

1. Introducción

Las propiedades físicas de los suelos agrícolas, determinan en gran medida, la capacidad productiva de los usos a los que el hombre los somete. La condición física de un suelo, determina principalmente, la capacidad de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje, y la capacidad de retención del agua, entre otras.

Se considera necesario para los productores de Maíz, conocer las propiedades físicas del suelo más relevantes, para entender cómo influyen en el crecimiento de las plantas, de qué forma la actividad agrícola puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles, para un óptimo desarrollo del cultivo.

En las áreas regadas de nuestro país, es común la producción de Maíz, siendo la aradura con arados de discos o vertedera una de las labores fundamentales de preparación de suelos, para el establecimiento del cultivo. Esta labor se realiza

cada temporada, para cumplir con dos objetivos fundamentales, el primero preparar el suelo para la siembra, y el segundo incorporar rastrojos del cultivo de la temporada anterior

Sin embargo, el laboreo con arados de vertedera y discos puede generar problemas en el suelo, porque modifican principalmente las propiedades físicas del mismo, afectando con ello su estructura, al provocar una degradación del mismo por aumento de la compactación, entre otros problemas, lo que se traduce en una menor calidad de producción de los cultivos. Los problemas de compactación del suelo, se manifiestan como un endurecimiento del mismo denominado como “pie de de arado”, que se produce normalmente a partir de los 20 cm de profundidad aproximadamente, y entre esa profundidad y los 40 cm, reduciendo la infiltración del agua y la oxigenación del suelo, además de afectar el crecimiento de las raíces de los cultivos.

En este capítulo se analizará la importancia de las propiedades físicas del suelo más relevantes, y su relación con las prácticas de manejo del mismo, en los cultivos de Maíz de la Región de O'Higgins. Incluye un análisis de los equipos de labranza que se utilizan comúnmente, y los efectos de estos sobre sus propiedades físicas.

2. Labranza y compactación de suelos

La labranza del suelo en la producción de cultivos es una labor fundamental que involucra su remoción con arados, y rastras accionados por tracción animal o mecanizada. Para la producción de cultivos, es una actividad que se viene realizando desde hace miles de años, que ha pasado por una transformación completa debido a que en la época que apareció el hombre y empezó a practicar la agricultura, se labraba con las manos, palos afilados, y herramientas rudimentarias, pasando por el arado de madera, arado de fierro, hasta las herramientas mecanizadas que se utilizan hoy en día.

Según Tapela y Colvin (2002), las prácticas de labranza tienen múltiples propósitos, incluyendo la preparación de la cama de siembra para la germinación de semillas y crecimiento de las plantas. También cumple los objetivos de controlar las malezas, manejar e incorporar los residuos superficiales de los rastrojos, contribuir al control de plagas y enfermedades en las plantas, mejorar la condición física del suelo rompiendo los horizontes endurecidos y ayudar a incorporar los fertilizantes y enmiendas orgánicas. (Souza y otros, 2006; Novaes Filho y otros, 2007).

Algunos autores sostienen que las labores de preparación de suelos a través de la aradura con arados de vertedera y discos, ha tenido un gran impacto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas, provocando su degradación (Hill 1990; Buschiazzo y otros, 1998; Husnjak y otros, 2002; Tapela y Colvin 2002; Liebig y otros. 2004). Del punto de vista de las propiedades físicas del suelo, estos equipos pueden originar problemas de compactación o “pie de arado” del mismo, que se produce por el “tránsito” de tractores, además de los arados, en la labor de labranza.

En un contexto agronómico, un suelo se considera compactado cuando la porosidad total es baja y sin aireación, con una densidad aparente alta y poros pequeños, que impiden la penetración de las raíces de los cultivos y agua de riego. Al limitar la penetración de las raíces, se afecta seriamente la habilidad de las plantas, en este caso de Maíz, para absorber agua del subsuelo (Carrasco y otros, 2010).

La compresión de las partículas de suelo, como arenas, limos y arcillas, causada por el efecto de la maquinaria agrícola, como labores de aradura con arados de discos o de vertedera, y rastras de discos, genera un reagrupamiento de ellas donde los espacios porosos del suelo llegarán a ser menores, originándose una condición de compactación.

Los suelos cultivados con Maíz, no son la excepción a la realidad descrita, por lo cual un productor debe conocer, antes del inicio de una nueva temporada del cultivo, las condiciones del suelo del terreno, en particular si existen problemas de compactación o “pie de arado”, y existencia de mal drenaje, entre los más importantes.

3. Compactación de suelos (pie de arado)”

Hill (1990), señala que en un contexto agronómico un suelo se considera compactado cuando la porosidad total es baja y sin aireación, con una densidad aparente alta y presencia de poros pequeños, que impiden la penetración de las raíces de los cultivos y el drenaje del suelo. Abu-Hamdeh (2003) definió la compactación del suelo como el efecto de “embalaje” de fuerzas aplicadas. Este efecto de embalaje, disminuye la porosidad e incrementa la densidad aparente del suelo.

Algunos autores señalan que el paso sistemático del tractor y los equipos de laboreo, producen la formación de un “pie de arado” a una cierta profundidad

en el perfil del suelo, lo que impide el desarrollo de las raíces en profundidad. Una de las principales causas de la compactación de los suelos durante el período de crecimiento del cultivo, es la rueda de los tractores agrícolas, que ejerce altas presiones (concentradas superficialmente) sobre el suelo y que se transmiten a través del perfil causando la compactación en el subsuelo (Liebig, 2003, Carrasco, 2008).

3.1. La densidad aparente y porosidad del suelo como medida de compactación

Densidad aparente, es la relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo (Carrasco, 2008). La densidad aparente es uno de los parámetros más indicativos de la compactación del suelo (Utset y Cid 2001; Husnjak , 2002, Abu-Hamdeh 2003).

Algunos autores, proponen como densidades aparentes óptimas para el crecimiento de las raíces de una amplia gama de cultivos, valores de 1,50; y 1,60 g/cm³, para suelos franco-arenoso y arenoso-franco, respectivamente.

La porosidad del suelo, se define como “el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo. La porosidad es una medida del tamaño y el número de huecos de aire, y los cambios de ellos indican daños estructurales. Es una característica que está íntimamente ligada con la densidad aparente, con la capacidad de aireación y con la capacidad de retención de humedad del suelo. La porosidad depende, entre otros, de la textura, de la estructura, contenido de materia orgánica, del laboreo y otras características del suelo (Lamande, 2003, Carrasco, 2008).

Se relaciona la *porosidad* total y el tamaño de los poros con un estado físico dado, haciendo referencia al concepto de macro y microporosidad para poder comparar las condiciones de diferentes tipos de suelos (Carrasco, 2008), siendo los macroporos aquellos poros continuos que permiten que el agua circule y que las raíces penetren e integran la *macroporosidad* del suelo que, en su mayor parte permanece ocupada por aire. Poseen un tamaño mayor a las 30 micras (μm), y favorecen el transporte del agua y los solutos, además del aire, además de actuar como canales de drenaje a través del suelo.

Lo anterior, hace necesario realizar una prospección en predios cultivados con Maíz, con el objeto de establecer el efecto del manejo de suelo, en particular de

las labores de aradura y rastraje, sobre algunos parámetros de las propiedades físicas de suelo, que incluyen densidad aparente, macro porosidad, y conductividad hidráulica saturada.

3.2. Caracterización física de suelos a través de calicatas

La observación y el reconocimiento de un terreno previo a la plantación de cultivos anuales, como Maíz, es una práctica recomendable para asegurar un adecuado establecimiento y desarrollo de las plantas. El propósito básico es observar si existen las condiciones adecuadas del suelo para el desarrollo de las raíces de las plantas, como algún grado de compactación, que además esté afectando la infiltración del agua en el perfil del mismo (Carrasco y otros, 2010).

La manera recomendada de conocer la aptitud de un suelo es por medio de la observación de calicatas (**Figura 1**), excavación realizada en el suelo, para estudiarlo en estado natural, empleada normalmente para estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Sin embargo, perfectamente pueden ser usadas para facilitar el reconocimiento directo del suelo que se desea evaluar y, por lo tanto, es el método de exploración recomendado que entregará la información necesaria, que permitirá definir la presencia de algún impedimento físico, como pie de arado, que limitará el desarrollo del cultivo a establecer. En el caso del cultivo de Maíz, esta información será muy favorable para definir labores que permitan corregirlo, como lo es el uso del subsolado o escarificado del suelo.

En la producción de cultivos, para la observación de suelos se recomiendan excavaciones de 0,8 metros de profundidad, por 1 metro de ancho y 1 metro de largo, a fin de permitir una adecuada inspección visual de las



Figura 1. Calicata, excavación hecha en el terreno, para la inspección directa del suelo.

paredes de la calicata. Esta excavación, además de la inspección visual, permitirá, la toma de muestras de suelo en las distintas estratas del mismo.

El número de calicatas a abrir en una superficie de terreno depende de la variabilidad del suelo, siendo lo habitual abrir dos a tres por cada cinco hectáreas de terreno a sembrar, las cuales deberían distanciarse entre sí unos 70 a 80 metros.

En el caso de potreros donde se ha cultivado Maíz por años, donde se ha realizado cada temporada la labor de labranza con arados de disco o vertedera, al inspeccionar el suelo a través de una calicata es posible encontrar entre los 20 y 40 cm de profundidad, una capa compactada o "pie de arado", condición que dificultan la infiltración del agua en el perfil del suelo, además de la oxigenación de las raíces de un cultivo establecido.

Una forma práctica, para comprobar la existencia de compactación de suelos en una calicata, es utilizando un cuchillo con punta, que se utiliza sosteniéndolo con la mano y ejerciendo presión con la punta de él en las paredes de ella, evaluando la resistencia que opone el suelo a la penetración de la punta aguzada de éste (Carrasco y otros, 2010). Si existiese pie de arado, comúnmente ubicado en una profundidad entre los 25 y 35 cm. aproximadamente, con bastante seguridad se detectará al percibir una mayor resistencia del suelo a ser penetrado por la punta del cuchillo (Carrasco y otros, 2010).

Las calicatas, además de la inspección visual del terreno "in situ", permiten tomar muestras de suelo a distintas profundidades, además de realizar alguna evaluación de campo, como la observación y distribución del agua de riego en el perfil de suelo. Si se toman muestras de suelos en una calicata, y se llevan a un laboratorio, la compactación se evalúa a través de diferentes parámetros de medición, siendo los más comunes la densidad aparente, la macroporosidad, la porosidad total, la resistencia del suelo a la penetración, y la conductividad hidráulica, entre otros.

5. Evaluación de compactación de suelos (pie de arado) en suelos cultivados con Maíz

En distintos predios productores de Maíz, de las comunas de Santa Cruz y Peralillo, se hicieron evaluaciones de suelos a través de calicatas, desde donde a distintas profundidades se obtuvieron muestras de suelo para análisis de labo-

ratorio (**Figura 2**), donde se determinaron 4 parámetros físicos que definen el estado estructural del mismo, en muestras sin disturbar. Los parámetros físicos evaluados en cada predio, incluyeron la densidad aparente (gr/cm^3), porosidad total (%), macroporosidad (%), y la conductividad hidráulica saturada (cm/hr).



Figura 2. Proceso de muestreo de suelos con cilindros, para análisis físicos del mismo. Chépica, año 2015

El estudio realizado por INIA, demostró que los suelos que presentaban problemas de pie de arado o de compactación subsuperficial de suelos, en la profundidad que va entre los 25 y 40 cm, mostraron niveles de densidad aparente alto, en rangos que van entre los 1,5 y 1,6 gr/cm^3 , es decir la profundidad que se ve afectada por el arado de vertedera o disco, y el paso de la rueda del tractor en la labor de aradura. Por otro lado, la porosidad total del suelo fluctuaba, en esa estrata, entre los 28 y 35%, y la macroporosidad entre los 3,5 y 5%, ambos valores por debajo de una condición física óptima de suelos, para el desarrollo de cultivos.

Lo anterior se explica fundamentalmente, por el hecho que en los terrenos donde se quema los rastrojos de Maíz, el contenido de materia orgánica del suelo es más bajo, con niveles que van entre los 2,1 y 3,3%, a diferencia de los suelos donde se ha ido incorporando los rastrojos cada año, con rangos que van entre los 3,4 a 4,6 % de materia orgánica.

Los resultados obtenidos, mostraron que en aquellos predios donde se ha usado, cada temporada arados de disco o vertedera, para labores de aradura en el

cultivo de Maíz, existen mayores problemas de “pie de arado” o compactación subsuperficial de suelos. Si a esto se le agrega la condición de que año a año, se han ido quemando los rastrojos del cultivo, la situación se complica aún más, porque existirá un menor porcentaje de materia orgánica en el suelo, por lo cual se afecta la estructura del mismo, aumentando el riesgo de compactación.

En la evaluación realizada, se encontró que en predios donde se alcanzan rendimientos sobre 180 qqm/ha de Maíz, no se queman los rastrojos del cultivo, por lo cual temporada a temporada se pican y se incorporan al suelo, lo que ha significado un aumento importante de la materia orgánica en el mismo. Incluso, en algunos predios, se agrega como una labor fundamental, en el manejo del cultivo, el “escarificado” o subsolado del suelo, con el objeto de ir rompiendo posibles capas compactadas que se pudiesen presentar y afectar el crecimiento del cultivo del Maíz.

Con el “escarificado” o subsolado del suelo, se facilita la aireación del mismo, es decir se produce una mayor eficiencia en la actividad de los microorganismos que descomponen los rastrojos, y una mayor oxigenación a nivel de las raíces de las plantas de Maíz, cuando el cultivo está establecido. Además, se produce una mejor infiltración del agua de riego y de lluvias al suelo, por lo cual también se ve favorecido el cultivo en estado de crecimiento y desarrollo.

6. Bibliografía

Abu-Hamdeh, N.H 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil and Tillage Research* 74: 25-35.

Buschiazzo, D.E. Panigatti, J.L. Unger, P.W 1998. Tillage effect on soil properties and crop production in subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research* 49: 105-116.

- Carrasco J., 2008.** Propiedades físicas del suelo y su relación con la productividad de frutales y vides. pp. 11-47 En: Hirzel, J. Diagnóstico Nutricional y Principios de Fertilización en frutales y Vides. Colección Libros INIA N° 24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán. Chile. 296 p.
- Carrasco, J., Antúnez, A., y Lemus, G., 2010.** Caracterización de un suelo para el establecimiento de un huerto frutal. En: Carrasco J., y Riquelme, J.(eds.). Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales. 128p. Boletín INIA N° 207. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI Rayentué, Rengo, Chile.
- Hill, R.L 1990.** Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. Soil Science Society of American Journal 54: 161-166.
- Husnjak, S., Filipovic D., Kosutic S. 2002.** Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. Rostlinna Vyroba 48(6): 249-254.
- Lamande, M., Hallaire, V., Curmi P., Peres, G., Cluzeau, D. (2003)** Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. Catena 54, 637-649. doi: 10.1016/S0341-8162(03)00114-0.
- Liebig, M.A., Tanak D.L, Weinhold, B.J. 2004.** Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern great plains. Soil and Tillage Research 78: 131-141.
- Novaes Filho, J. P.; Couto, E. G.; Oliveira, V. A.; Johnson, M. S.; Lehmann, J.; Riha, S. S.** Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.91-100, 2007.