

# Compactación, Una de las causas más comunes de la degradación del suelo

Compaction, One of the most common causes of soil degradation

Jehison Torres<sup>1,2,3\*</sup>, Jennifer A. Gutierrez<sup>1</sup>, Holman A. Beltran<sup>1</sup>

## Resumen

Este artículo presenta una revisión literaria relacionada con la degradación de los suelos ocasionada por diferentes prácticas agropecuarias en Colombia, siendo específicamente la compactación del suelo, una de las consecuencias más comunes.

Colombia es un país con vocación agropecuaria, esto representado por las 50,91 millones de hectáreas dedicadas a este propósito, sin embargo, el 50 % del área destinada a producciones agrícolas propiamente es apta para la implementación de la mecanización, lo cual se presenta como un riesgo potencial de aumento en los niveles de compactación del suelo, ya que debido al elevado peso de la maquinaria implementada en forma imprudente durante las diferentes fases del cultivo, ejerciendo niveles altos de presión superficial sobre el suelo, se alteran sus características físicas, generando aumento en la densidad, disminución de la estabilidad estructural, disminución de la capacidad de filtración, además de disminuir la macroporosidad, todo esto reduce la cantidad de nutrientes que son capaces de llegar a la planta, afectando notoriamente la funcionalidad del suelo, conjuntamente, cerca de 45 millones de hectáreas del país son destinadas a actividades pecuarias, en donde debido muchas veces al desconocimiento y la reducida accesibilidad a paquetes tecnológicos, se implementan modelos productivos extensionistas, en donde el sobrepastoreo y sobrepisoteo de animales, en predios con cargas animales demasiado elevadas, generan degradación del suelo por compactación.

**Palabras claves:** Compactación, suelo, macroporosidad, filtración, mecanización y ganadería.

## Abstract

This article presents a literary review related to the degradation of soils caused by different agricultural practices in Colombia, specifically soil compaction, one of the most common consequences.

Colombia is a country with agricultural vocation, this represented by the 50.91 million hectares dedicated to this purpose, however, 50% of the area devoted to agricultural production itself is suitable for the implementation of mechanization, which is presented as a potential risk of increased levels of soil compaction, since due to the high weight of the machinery imprudently implemented during the different phases of cultivation, exerting high levels of surface pressure on the soil, its physical characteristics are altered, generating increase in density, decrease in structural stability, decrease in filtration capacity, in addition to reducing macroporosity, all this reduces the amount of nutrients that are capable of reaching plant, notably affecting soil functionality, also, about 45 million hectares of the country are destined to livestock activities, due to the lack of knowledge and the limited accessibility to technology, productive extension models are implemented, where the overgrazing and overwash of animals, in farms with too high animal loads, generate soil degradation by compaction.

**Keywords:** Compaction, soil, macroporosity, filtration, mechanization and livestock.

## Introducción

Colombia cuenta con cerca de 50,91 millones de hectáreas destinadas a uso agropecuario, las cuales representan el 4,6 del total de la superficie del país, de estas, aproximadamente 45 millones de hectáreas poseen orientación pecuaria y solo 4,9 millones de hectáreas son dedicadas netamente a actividades agrícolas, en donde el 60 % es dedicado a cultivos permanentes, el 33 % a cultivos transitorios y 7 % a cultivos forestales, de este modo evidenciando la vocación agraria del país (1).

Sin embargo, es importante mencionar como la intensificación en la producción de los sistemas agropecuarios, bajo el modelo de la revolución verde, ha generado importantes alteraciones en la funcionalidad tanto del suelo como de diferentes unidades productivas, al igual que el entorno económico y social en los predios (2), tal es el caso, que cerca del 50 % del área destinada a cultivos, es apta para la implementación de agricultura mecanizada (3), por lo cual se hace necesario vigilar el uso correcto de la maquinaria agrícola, de modo que se evite la presentación de problemas relacionados a la degradación del suelo, ya que la energía transmitida al suelo por el uso de maquinaria

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Sede Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.

<sup>2</sup> Líder Grupo de Investigación GIFBRA.

<sup>3</sup> Centro de Formación Agropecuaria La Planta

\* Correo: jitorres36@gmail.com

pesada usada de forma irresponsable en actividades agrícolas (4), sumadas al sobrepastoreo de la ganadería, en donde, si además el porcentaje de humedad del suelo es alto, al tener contacto con la pezuña del bovino se puede provocar deformación superficial del suelo, generando aumento en la densidad y disminución de la estabilidad estructural (5), consecuentemente desencadenando casos de compactación, lo cual genera consecuencias directas e indirectas al desarrollo del cultivo, ya que se afectan propiedades físicas como lo es el abastecimiento de nutrientes y agua a las plantas y disminuye la capacidad de filtración del suelo, lo cual redistribuye los perfiles del suelo y altera los porcentajes de aireación (6), además de disminuir la macroporosidad, todo debido a la presión superficial que se ejerce sobre el suelo, de este modo la compactación impediría la funcionalidad tanto del suelo superficial como del subsuelo, dificultando y hasta impidiendo la penetración radicular junto con el intercambio de gases y agua (7).

Por lo tanto, como consecuencia de este enfoque, que al pretender maximizar la productividad tanto ganadera como agrícola, tratando de aumentar las áreas de cultivos y pastoreo, esta ocasionando un efecto contrario, ya que, debido al uso inadecuado de animales y tecnología, se disminuye paulatinamente la productividad y capacidad regenerativa del suelo, induciendo la creación de suelos frágiles, incapaces de cubrir los requerimientos nutricionales de plantas y animales, de este modo, muchos de los sistemas de producción ganadera no logran ser sostenibles si se realiza un análisis teniendo en cuenta variables de tipo ambiental (2), por lo tanto, la presión antrópica sobre el recurso suelo, cada vez es mayor, llegando incluso a puntos críticos, lo cual hace pensar que la pérdida constante de la productividad de los suelos terminará aumentando el valor de los alimentos y probablemente causará un incremento significativo de la pobreza a nivel mundial (7).

### Generalidades de la Compactación

La compactación del suelo es una de las principales formas en que los procesos ya sean por parte animal, seres vivos o de formas naturales, afectan la estructura del suelo, este suele ser un proceso en el que el suelo no saturado, se comprime con una carga aplicada durante un tiempo corto sin expulsión de agua, el suelo también puede comprimirse naturalmente por su propio peso y por la lluvia, o por encogimiento debido al secado del suelo arcilloso, este concepto se relaciona a la disminución de la porosidad o al aumento de la densidad aparente del mismo cuando se somete a cargas de corta duración que son aplicadas por el tráfico de campo, los implementos de labranza y el pisoteo del ganado, estas pueden ser externas o internas. Estas cargas externas pueden ser causadas por rodadura, pisoteo o vibración, mientras que las cargas internas están asociadas con la succión del agua o la presión del agua debido a un gradiente hidráulico (8).

### La Compactación Como Problema Mundial

Este es un problema complejo en el que las interacciones máquina / suelo / cultivo / clima juegan un papel importante y pueden tener consecuencias económicas y

ambientales para la agricultura mundial (9). Los problemas de compactación del suelo afectan la producción de cultivos agrícolas y forestales en todo el mundo. Por esta razón, la compactación del suelo ha sido definida como una de las cinco amenazas a la calidad del suelo sostenida por la Directiva Marco de Suelos de la UE (10). A nivel mundial, la compactación del suelo representa el 4% (68.3 millones de hectáreas) de degradación antropogénica del suelo (11). En Europa, la compactación representa aproximadamente el 17% del área total degradada.

### Impactos de la Compactación

La compactación del suelo puede tener impactos positivos, por ejemplo, al aumentar la capacidad de agua disponible en la planta de los suelos arenosos o al reducir la lixiviación de nitratos (12). Sin embargo, a menudo se ha encontrado que la compactación del suelo tiene efectos perjudiciales sobre muchas propiedades del suelo relevantes para su trabajo.

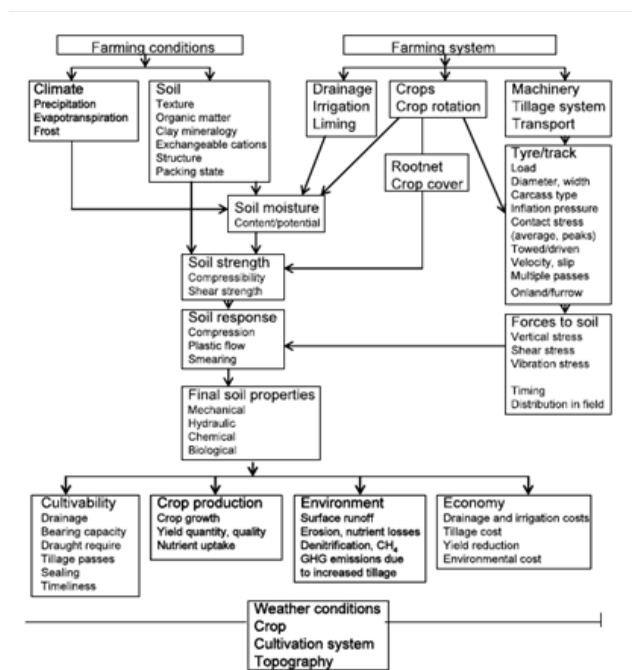
Muchos estudios han encontrado que la compactación modifica la distribución del tamaño de poro de los suelos minerales, principalmente al reducir la porosidad y especialmente la macroporosidad (diámetro > 30 µm, por ejemplo, (13); (14). Además del volumen y número de macro-Poros, la compactación también modifica la geometría de los poros, la continuidad y la morfología, lo cual es muy importante ya que en el suelo húmedo se produce un movimiento rápido del agua y el aire en los macroporos continuos.

En la agricultura, la compactación del suelo suele ir acompañada de deformación, ya que además de la compresión, el movimiento lateral se produce durante las operaciones de campo y el pisoteo de los animales (15). Por lo tanto, la compactación del suelo produce una disminución en la porosidad pero también causa cambios no volumétricos en la estructura del suelo.

Se ha encontrado también, que la compactación del suelo reduce la infiltración de agua (16) y la conductividad hidráulica saturada (17). Simojoki et al. (18) encontraron que la compactación del suelo reduce el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. La probabilidad de problemas de drenaje aumenta cuando la compactación reduce la permeabilidad del suelo, especialmente el subsuelo, y puede llevar a problemas de anegamiento en los años lluviosos. El suelo pobremente drenado también puede secarse lentamente, reduciendo el número de días disponibles para las operaciones de campo y dificultando el crecimiento del cultivo debido a la humedad del suelo. Se puede esperar que la reducción en la tasa de drenaje atribuida a la compactación del suelo aumente las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo (19), por ejemplo, aumentando la desnitrificación. Además, la compactación puede aumentar la escorrentía superficial y la erosión de la capa superior al impedir la infiltración de agua (20).

### Efectos de la compactación

Los efectos de la compactación sobre las propiedades del



Adaptado de: Alakukku, L. 1999

**Figura 1.** Actividades de campo que generan compactación del suelo y los efectos de la compactación sobre las propiedades del suelo, características productivas, efectos medioambientales, económicos y viabilidad del suelo.

suelo son revisados por (21), (22) y (23). Las respuestas ambientales y de viabilidad del suelo han sido revisadas por, entre otros, Soane y (24) y (25), respectivamente.

Al afectar las propiedades y procesos del suelo, la compactación del suelo influye en el crecimiento del cultivo, el rendimiento y la eficiencia de uso de los fertilizantes después de la labranza, la capa labrada suele ser demasiado suelta y la recompactación moderada de la capa superior del suelo mejora el crecimiento del cultivo, también la compactación dañina del suelo reduce el rendimiento (26); (27); (28), la eficiencia del uso del agua de cultivo (29) y la absorción de nutrientes (30). Las respuestas de los cultivos y las razones de los efectos de la compactación del suelo sobre el crecimiento del cultivo, el rendimiento y la absorción de nutrientes han sido ampliamente discutidas por (31); (32) y (33).

La compactación inducida por la mecanización tiene efectos de corto y largo plazo en la producción de suelo y cultivos. Los efectos a corto plazo (1-5 años) se asocian principalmente con la compactación de la capa superior (0-30 cm), que se controla en gran medida mediante operaciones de laboreo, tráfico de campo y la forma en que estas operaciones se adaptan a las condiciones del suelo. La compactación de la capa superior se alivia con la labranza y los procesos naturales de congelación / descongelación, humectación / secado y bioactividad (31).

La labranza normal no afloja el subsuelo (por debajo de unos 30 cm). Los efectos de la compactación del subsuelo pueden persistir durante mucho tiempo. A pesar del cultivo y las heladas profundas, los efectos del tráfico pesado de maquinaria se han detectado en suelos minerales más de

10 años después de la aplicación de la carga (34); (35); (36).

## Conclusiones

Se ha encontrado que la compactación del subsuelo disminuye el rendimiento de los granos (36) y la absorción de nitrógeno (33) varios años después de la compactación del subsuelo.

La compactación del subsuelo tiende a ser altamente persistente, y en suelos arenosos no hinchables y áreas tropicales puede ser permanente inmediatamente debajo de la profundidad de labranza. La compactación del subsuelo es un grave problema invisible y acumulativo que es difícil de corregir, por ejemplo, mediante un aflojamiento profundo (38); (39).

## Bibliografía

- Restrepo J. (2010) Una política integral de tierras para Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá D.C., Colombia.
- Rojas-Palomino A. (2007) Efecto de la humedad del suelo sobre el potencial productivo y la compactación en sistemas de producción Ganadero en zonas de ladera en la Tulia, Bolívar, (Valle del Cauca). Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Área de énfasis Suelos. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de posgrados. Colombia.
- Gómez Rodríguez Katherine. Alakukku, L. (1999). Incidencia de la compactación ocasionada por el tractor en las propiedades físicas en un andisol. Tesis de Maestría en Ingeniería -Ingeniería Agrícola. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C. Colombia.
- González O, Iglesia C, Herrera M, López E, Sánchez A. (2008). Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol., Cuba: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 17:2;50-54.
- Pinzón A, Amézquita E. (1991). Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el Piedemonte amazónico de Colombia. Pasturas Tropicales, 13:(2);21-26.
- Richmond P. & Rillo S. (2006), Evaluación del efecto de la compactación por el rodado de máquinas sobre algunas propiedades físicas del suelo y el cultivo de trigo en siembra directa, Argentina: INPOFOS Informaciones agronómicas No 32.
- Montanarella Luca, Pennock Dan y McKenzie Neil. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo, Resumen Técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Roma,
- Horn, R. and Lebert, M. (1994). Soil compactability and compressibility. In: Soane, B. D. and van Ouwerkerk, C. (eds.). Soil compaction in crop production. Elsevier Science B.V, The Netherlands. p. 45-70.

9. Soane, B. and van Ouwerkerk, C. (1995). Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. In: *Soil Tillage Research* 35: 5-22.
10. Commission of the European Communities (2006). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM 232 final [http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com\\_2006\\_0232\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf).
11. Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A. and Sombroek, W.G. (1991). World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory note. ISRIC, Wageningen, the Netherlands/UNEP, Nairobi, Kenya. 34 p.
12. Kirkham, D. and Horton, R. (1990). Managing soil-water and chemical transport with surface flow barriers. II. Theoretical. In: *Agronomy Abstract* 82: 213.
13. Eriksson, J. (1982). Markpackning och rotmiljö. Summary: Soil compaction and plant roots. Swedish University of Agricultural Sciences. Reports Division of Agricultural Hydrotechnics 126: 1-138.
14. Ehlers, W. (1982). Die Bedeutung des Bodengefüges für das Pflanzenwachstum bei moderner Landwirtschaft. In: *Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft* 34: 115-128.
15. Koolen, A.J. and Kuipers, H. (1983). Agricultural soil mechanics. Adv. Series Agric. Sci. 13. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. 241 p.
16. Pietola, L., Horn, R. and Yli-Halla, M. (2005). Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. In: *Soil Tillage Research* 82: 99-108.
17. Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., Van Der Linden, J.P., Pires, S., Sommer, C. and Spoor, G. (2003). Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review, Part 1. Machine/soil interactions. In: *Soil & Tillage Research* 73: pp. 145-160.
18. Simojoki, A., Jaakkola, A. and Alakukku, L. (1991). Effect of compaction on soil air in a pot experiment and in the field. In: *Soil Tillage Research* 19: 175-186
19. Ball, B.C., Scott, A. and Parker, J.P. (1999). Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage compaction and soil quality in Scotland. In: *Soil Tillage Research* 53: 29-39.
20. Fullen, M.A., (1985). Compaction, hydrological processes and erosion on loamy sands in east Shropshire, England. In: *Soil Tillage Research*. 6: 17-29.
21. Soane, B.D., Dickson, J.W. and Campbell, D.J. (1982). Compaction by agricultural vehicles: A review. III. Incidence and control of compaction in crop production. In: *Soil Tillage Research* 2: 2-36.
22. Lipiec, J. and Stepniewski, W. (1995). Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. In: *Soil Tillage Research* 35: 37-52.
23. Alakukku, L. (1999). Subsoil compaction due to wheel traffic. In: *Agricultural and Food Science in Finland*. 8: 333-351.
24. Moore, G. (ed.) (2004). *Soil guide: a handbook for understanding and managing agricultural soils*. Dept of Agriculture, Western Australia. Bulletin No. 4343
25. Chamen, T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F. and Weisskopf, P. (2003). Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review, Part 2. Equipment and field practices. In: *Soil Tillage Research* 73: 161-174.
26. Schjonning, P. and Rasmussen, K. (1994). Danish experiments on sub-soil compaction by vehicles with high axle load. In: *Soil Tillage Research* 29: 215-227.
27. Arvidsson, J. and Hakansson, I. (1996). Do effects of soil compaction persist after ploughing? Results from 21 long-term field experiments in Sweden. In: *Soil Tillage Research* 39: 175-197
28. Hanssen, S. (1996). Effects of treatment and soil compaction on plant production of a dairy farm system converting to organic farming practice. In: *Agriculture, Ecosystem and Environment* 56: 173-186.
29. Radford, B.J., Yule, D.F., McGarry, D. and Playford, C. (2001). Crop responses to applied soil compaction and to compaction repair treatments. In: *Soil Tillage Research* 61: 157-166
30. Arvidsson, J. (1999). Nutrient uptake and growth of barley as affected by soil compaction. In: *Plant and Soil* 2008: pp. 9-19.
31. Alakukku, L. (2000). Response of annual crops to subsoil compaction in a field experiment on clay soil lasting 17 years.
32. Lipiec, J. and Stepniewski, W. (1995). Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. In: *Soil Tillage Research* 35: 37-52.
33. Hakansson, I. and Petelkau, H. (1994). Benefits of limited axle load. In: Soane, B.D. and Van Ouwerkerk, C. (eds.) *Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering* 11. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 479-499.
34. Blake, G.R., Nelson, W.W., Allmaras, R.R., (1976). Persistence of sub-soil compaction in a Mollisol. In: *Soil Science Society American Journal* 40: 943-948.
35. Etana, A., Hakansson, I., (1994). Swedish experiments on the persistence of subsoil compaction caused by vehicles with high axle load. In: *Soil Tillage Research* 29: 167-172
36. Wu, L., Allmaras, R.R., Gimenez, D. and Huggins, D.M.

- (1997). Shrinkage and water retention characteristic in a fine-textured mollisol compactions under different axle loads. In: *Soil Tillage Research* 44: 179-194.
37. Hakansson, I. (2005). Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-consequences-counter-measures. SLU Department of Soil Sciences. Reports from the Division of Soil Management. 109;153.
38. Kooistra, M.J. and Boersma, O.H. (1994). Subsoil compaction in Dutch marine sandy loams: loosening practices and effects. In: *Soil Tillage Research* 29: 237-237.
39. Olesen, J.E. and Munkholm, L.J. (2007). Subsoil loosening in a crop rotation for organic farming eliminated plough pan with mixed effects on crop yield. In: *Soil Tillage Research* 94: 376-385.