

Efecto de sistemas de labranza en propiedades físicas del suelo y desarrollo radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*)

Effect of tillage systems on soil physical properties and root development of quinoa (*Chenopodium quinoa W.*)

Roque García *

RECIBIDO: 03/06/2015 - APROBADO: 25/06/2015

RESUMEN

La labranza influye en la conservación del suelo pues tiene efecto en sus propiedades químicas, biológicas y físicas. En el caso de estas últimas, tales como estructura, densidad aparente, compactación, porosidad, infiltración, entre otras, constituyen una parte de los indicadores de calidad del suelo y son de importancia en el desarrollo de un cultivo. Se evaluaron cuatro sistemas de labranza -LT Labranza Tradicional, LM Labranza Mínima, LO Labranza Cero y LA Labranza Alternativa- en el cultivo de quinua y se determinó la densidad aparente entre las propiedades físicas del suelo y su relación con el desarrollo radicular y rendimiento del cultivo, en la comunidad de Cochapamba, cantón Colta, provincia de Chimborazo, Ecuador, durante el ciclo de cultivo 2014. Se utilizó un diseño de BCA en parcela dividida y los datos se analizaron mediante pruebas estadísticas. El sistema de labranza tradicional presenta a 35 cm de profundidad de laboreo un nivel crítico de densidad aparente, lo que influye en la porosidad, el desarrollo radicular y el rendimiento en el cultivo de quinua.

Palabras clave: Densidad aparente, compactación, labranza tradicional, labranza mínima, labranza cero y labranza alternativa.

ABSTRACT

Tillage has its effect on soil physical properties, such as structure, bulk density, compaction, porosity, infiltration, among others that are a part of the indicators of soil quality and are of importance in the development of a culture. Three tillage systems were evaluated, LT traditional tillage, LM tillage LO and Zero Tillage in the quinoa and the apparent density between the physical properties of soil and its relationship with root development and yield were determined in the Cochapamba community, Colta, Chimborazo Province, Ecuador, during the 2014 growing season. BCADesign was used in split-plot, the data were analyzed by statistical tests, conventional tillage system has a 35 cm depth tillage a critical level of apparent density which affects root development in quinoa.

Keywords: Bulk density, compaction, conventional tillage, minimum tillage, tillage and alternative tillage.

* Docente Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Doctorante, Ciencias Ambientales FIGMMG-UNMSM. E-mail: rogarcia@esPOCH.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La labranza o laboreo del suelo consiste en la remoción de su capa vegetal, que se realiza antes de la siembra, para facilitar la germinación de las semillas, el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas. Asimismo permite el control de malezas y se busca mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2013).

Por lo general, la labranza es definida según el tipo de actividad que se lleva a cabo.

- **Inversión:** Este tipo de labranza da vuelta al suelo en la parte en que es trabajado. Las capas superficiales son completamente enterradas y las capas más profundas son llevadas a la superficie. El argumento de que la labranza controla las malezas no es válido cuando se hace todos los años, ya que la misma cantidad de semillas es llevada a la superficie (FAO <http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>).
- **Mezcla:** Esta operación mezcla todos los materiales en forma homogénea hasta una cierta profundidad, por lo general cerca de 10 cm (<http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>).
- **Rotura:** Este tipo de labranza abre el suelo para aflojarlo sin mover los terrones; por ejemplo, en operaciones de descompactación del suelo (subsulado) (<http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>).
- **Pulverización:** Esta operación consiste en romper finamente los terrones de suelo, de modo que forme un horizonte muy fino; por ejemplo, la cama de semillas. Se ejecuta en unos pocos centímetros debajo de la superficie (<http://www.fao.org/ag/ca/es/3b.html>).

La inversión y la mezcla agresiva afectan la cantidad de residuos que quedan sobre la superficie del suelo. Los arados de vertedera y de discos (Figura N°2 y N°3) dan vuelta completamente el suelo mientras que los arados de cincel (Figura N°1) rompen y mezclan el suelo y los cultivadores solo lo mezclan. Las rastras pulverizan el suelo. Se pueden distinguir por lo menos cuatro tipos de operaciones de labranza en los sistemas convencionales (Krause *et al.*, 1984):



Figura N° 1. Labranza con arado cincel Figura N° 2. Gradeo con discos



Figura N°3. Labranza con arado de discos

La densidad aparente (ρ_a) puede ser incluida dentro del grupo mínimo de parámetros a medir para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo (Doran *et al.*, 1994). Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total (e).

La densidad aparente es el peso de las partículas sólidas en un volumen estándar de suelo no perturbado (sólidos + espacio poroso). La densidad de partículas es el peso de las partículas sólidas en volumen estándar de dichas partículas. En este caso particular, la densidad aparente es la mitad de la densidad real y el % de espacio poroso es 50% (Rucks, L., 2004)

La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo a disminuir. Estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces varían según la textura que presenta el suelo y de la especie que se trate. Por ejemplo, para suelos arenosos una densidad aparente de 1.759 kg m^{-3} limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos ese valor crítico es de 1.460 a 1.630 kg m^{-3} para la misma especie (Jones, 1983).

Los valores que puede tomar la densidad aparente depende de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable. Esta es afectada por la estructura del suelo, que es su flojedad o grado de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo. El espacio poroso puede ser altamente reducido por compactación, pero nunca se puede llegar a eliminar totalmente (Ingaramo, 2003).

La densidad aparente también es usada para referir a un volumen de suelo en el campo los resultados de los análisis de laboratorios. Esta utilidad es necesaria para la práctica agronómica de la fertilización (Ingaramo, 2003).

La densidad aparente está directamente relacionada con la estructura del suelo y, por lo tanto, depende de los mismos factores de control. Este es un dato que se puede obtener con bastante facilidad y por ello es un parámetro que puede estar disponible para los diferentes horizontes de un suelo. Aunque cabe destacar que el valor de la densidad aparente presenta limitaciones importantes, ya que no permite obtener información relacionada con el tamaño de los poros, su continuidad o sobre las fuerzas que dieron lugar a una estructura específica. Estos aspectos tienen importancia para predecir el movimiento del agua en el suelo y los riesgos de degradación de los agregados. A pesar de esta condición y con excepción de los suelos con características verticales, la compac-

tación del suelo, a menudo, es medida a través de los incrementos de la densidad aparente. Se debe señalar que suelos con los mismos valores de densidad aparente pueden tener respuesta distinta a fuerzas externas. Los objetivos de este trabajo fueron conocer los efectos que tienen diferentes sistemas de labranza para siembra de quinua sobre la densidad aparente, determinada a 15, 35 y 45 cm de profundidad y cómo repercute en la compactación y porosidad en suelos y en el desarrollo radicular de la quinua en la comunidad de Cochapamba.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo estudiado se encuentra en la comunidad de Cochapamba, parroquia Santiago de Quito, cantón Colta, provincia de Chimborazo, Ecuador. Los trabajos se iniciaron el año 2014 sembrándose quinua de la variedad Tunkahuan, la cual crece en altitudes que va desde los 2,400 a 3,400 m s.n.m. y requiere de 500 a 800 mm de precipitación en el ciclo del cultivo. Se desarrolla en suelos franco a franco arenosos, o negro andinos con buen drenaje, con un pH de 5.5 a 8.0. El ciclo de cultivo de esta variedad de quinua va de 150 a 170 días, y se recomienda realizar rotaciones con cebada en este sector.

La siembra fue en línea a chorro continuo y en línea a golpe se utilizó de 12 a 16 kg de semilla por hectárea. La distancia de siembra es de 0.60 m entre línea y 0.20 m entre golpe, en suelos de baja fertilidad se aplica de 40 a 80 kg por hectárea de P_2O_5 y N respectivamente. Para el control de malezas se realizó una deshierba y un aporque. En el sector no se aplica riego, por tanto es un cultivo de secano. El suelo en el que se estableció el ensayo experimental es un Entisol, de textura franco limoso, con un pH de 6.7 con bajo contenido de materia orgánica 1.1%, con densidad aparente de 1.5 gr/cc, con 7.6 mg/L de NH_4 equivalente a bajo, 55.8 mg/L de P corresponde a alto y 740.7 mg/L de K es alto. La pendiente es de 4% a 6%.

Los sistemas de preparación de suelos fueron labranza convencional o tradicional (LT) labranza mínima (LM), labranza cero (L0) y labranza alternativa. En el primer sistema, LT se inició con dos pases de arado de discos, dos gradeos utilizando una grada de disco, seguida por una arada profunda (30 – 35 cm de profundidad) con un arado de discos, posteriormente se pasó una fresadora, esto es lo que realiza el agricultor del sector. En el sistema de labranza cero (L0), las labores de preparación de suelo se inició con el control de malezas, continuándose con la surcada, previa a la siembra de quinua. En el sistema de labranza mínima, se realizó un pase de arado de discos, dos pases de grada de disco y la siembra. Para el sistema de labranza alternativa se aplicó un pase de arado cincel, un pase de grada de disco y la siembra.

Resumiendo, los tratamientos que se realizaron fueron ocho (Figura N° 4). Se estableció las parcelas en el campo en BCA, en parcela dividida con 4 repeticiones, realizándose la prueba estadística de ANOVA y la prueba de Tukey al 5%.

La determinación de la densidad aparente se realizó utilizando el método del cilindro (Porta et al., 1999; Guitián y Carballas, 1976): un cilindro con diámetro de 8 cm y una altura de 4.95 cm. El volumen del cilindro es de 248.81 cm³.



Figura N° 4. Toma de muestra de suelo en cilindro para determinar densidad.

2.1 Método del cilindro

1. Colocar cilindros sin su cubierta en bandeja y secar x 48 horas a 105°C.
2. Pesar cilindros para obtener

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.0)$$

$$\rho = \text{Densidad aparente} \quad \rho = \text{peso seco} \quad V = \text{Volumen}$$

$$V = \pi r^2 h$$

Para la longitud de raíz en cm se midió previo a la cosecha.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la emergencia de la planta, es necesario que se produzca un intenso desarrollo de su sistema radicular para que pueda iniciar la absorción de agua y nutrientes. En ocasiones se produce la muerte de una plantación o un lento desarrollo de ella sin causa explicable aparente. La razón suele ser, en la mayoría de los casos, una grave dificultad en el desarrollo radicular debido a la compactación del suelo, lo cual está ligado con la densidad aparente y la porosidad.

En ocasiones, las causas del deficiente desarrollo radicular están inducidas por un manejo inadecuado del suelo, como es la formación de “suelas de labor”, ocasionado por el sistema de labranza que se aplica u otras formas de compactación de este. La raíz en su crecimiento debe realizar un trabajo contra la presión ejercida por el suelo contra ella y proporcional al volumen de suelo que debe desplazar en su crecimiento. En (Tabla N° 1) un suelo bien estructurado, en el que existan poros de tamaño suficiente para alojar a la raíz el desarrollo se ve favorecido, por lo que el crecimiento estará en función de la presión ejercida por el suelo, que en el caso citado será muy baja.

A medida que se incrementa la compactación del suelo y decrece el espacio poroso, el trabajo de la raíz ha de ser mayor, para lo cual necesita un elevado suministro de energía (Figura N° 5), que se traduce en mayores necesidades de agua y nutrientes, que le son más difíciles de obtener al disminuir la superficie absorbente. En el mejor de los casos, todo ello lleva consigo una menor formación de materia seca, con disminución del crecimiento y del rendimiento de la producción con un mismo consumo de agua y nutrientes.

La compactación se caracteriza por un aumento de la densidad aparente, un empaquetamiento muy denso de las partículas del suelo y una disminución de la porosidad, especialmente de la de mayor tamaño. Sus causas fundamentales son el uso de maquinaria pesada en los suelos de cultivo, unido a un elevado número de pases en el mismo lote y el sobrepastoreo en los suelos utilizados para ello.

Tabla No.1. Valores críticos de densidad aparente.

Textura	Densidad
Franco-arcillosa	1.55
Franco-limosa	1.65
Franco-arenosa fina	1.80
Arenosa-franca fina	1.85

La forma más fácil de medir el grado de compactación del suelo es la determinación del valor de la densidad aparente, (Tabla N° 2 y Figura N° 6 y N° 7) si bien este parámetro presenta unos valores críticos diferentes según la textura del suelo en su capa compactada. A medida que la textura se hace más gruesa, la densidad aparente presenta un valor crítico más alto. Este hecho es lógico porque la macroporosidad, que es la más afectada por el fenómeno de compactación, se ve menos influida por la disminución general de porosidad a medida que la textura se hace más arenosa y el dominio de los poros gruesos es más amplio (Figura N° 5).



Figura N° 5. Relación densidad aparente y crecimiento radicular.

Tabla N° 2. Valores de densidad aparente y tamaño de raíz en plantas de quinua.

Tratamientos	Densidad aparente 15 cm	Densidad aparente 35 cm	Densidad aparente 45 cm	Longitud de raíz de quinua en cm
Labranza tradicional	1,5	1,6	1,5	22
Labranza mínima	1,7	1,6	1,6	14
Labranza cero	1,8	1,8	1,8	11
Labranza alternativa	14	1.5	16	29

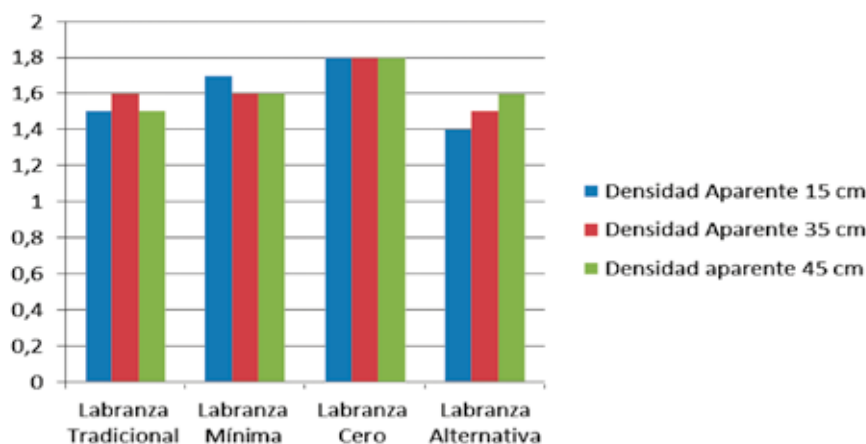


Figura N° 6. Densidad aparente del suelo y sistemas de labranza

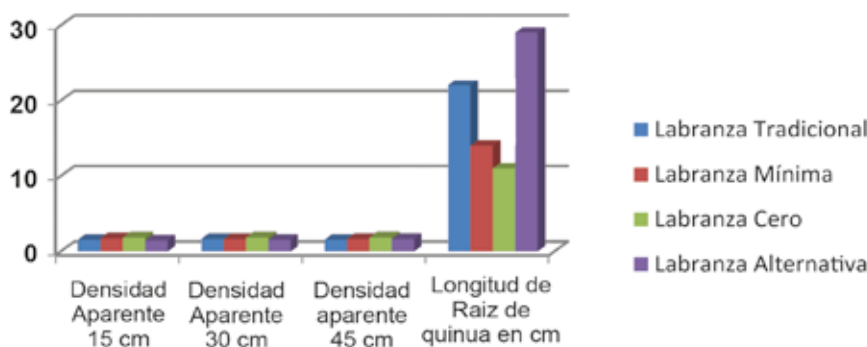


Figura N° 7. Longitud de raíz, densidad aparente en relación con sistemas de labranza

IV. CONCLUSIONES

La densidad aparente que presenta el suelo con sistema de labranza tradicional es menor en los primeros 15 cm de profundidad de laboreo en relación con los sistemas de labranza mínima y cero, pero a 35 cm de profundidad pasa a nivel crítico, en este mismo sistema de labranza, lo cual incrementa la compactación y perjudica el desarrollo radicular, formando una capa endurecida que afecta el funcionamiento normal del suelo. Con el sistema de labranza alternativa, se logra romper en parte la solera que se ha formado por el uso inapropiado de aperos en la preparación del suelo, se alcanza un crecimiento radicular mayor y, por tanto, se eleva el rendimiento.

La calidad del suelo abarca los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad o salud del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos o situaciones.

El desarrollo del cultivo y el rendimiento están en dependencia de varios factores, entre ellos las propiedades físicas del suelo, específicamente densidad.

V. AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a las autoridades de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y a la unidad de pos grado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el apoyo en esta investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Doran, J.W.; Parkin, T.B.(1994). Defining and Assessing Soil Quality. In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*;
2. Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A.(1994). Defining and assessing soil quality Eds., Soil Sci. Soc. Amer:Madison, Wis., p 3-21.
3. Guitián, F. y Carballas, T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela. 288 pp.
4. Ingaramo, O., Paz González, A. Dugo Paton, M.(2003). Evaluación de la Densidad en suelos al Noreste de España. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de labores de suelo,
5. Jones, C.A. 1983. Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth. *SoilSci. Soc. Am. .J.* 47, p. 1.208 – 1.211.
6. Porta, J; López Acevedo, M.; Roquero, C. (1999). *EDAFOLOGÍA. Para la Agricultura y el Medio Ambiente.* 2ª Edición. Mundi-Prensa.
7. Rucks, L. García, F.,Kaplán A., Ponce de León J. , & Hill M. (2004). *Propiedades físicas del Suelo* Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo.