

La Turbidimetría una metodología promisoría para caracterizar la estabilidad estructural de los suelos

Jesús A. Castillo, Edgar Amézquita, Karl Müller-Sämamann¹

RESUMEN

En dos zonas de ladera al norte del Departamento del Cauca, con precipitación promedia anual entre 1600 y 2400 mm y en suelos clasificados como Inceptisoles, se han establecido parcelas de escorrentía con diferentes manejos durante siete años. En muestras de suelos procedentes de estos manejos se utilizó la técnica de turbidimetría para caracterizar la estabilidad estructural de sus agregados. El método se basa en que el agua como factor extrínscico al suelo, es un agente importante en la destrucción de los agregados originando unidades de agregados de menor tamaño y causando dispersión de los materiales más finos (arcillas).

Se evaluaron agregados de 1-2 y 2-4 mm de diámetro para los diferentes tratamientos. Se hicieron lecturas de concentración para los 2 minutos iniciales y a las 2 horas después de la prueba. Los resultados muestran que existen diferencias en la estabilidad de los agregados entre las rotaciones de cultivo evaluadas y que la técnica es sensible en la determinación de la estabilidad estructural de suelos que han tenido diferentes manejos e incluso aporte de materiales orgánicos. Se observó además una clara tendencia a la mayor concentración de partículas de suelo en la suspensión cuando los agregados son más finos, aproximándose esta respuesta a la obtenida cuando dichos agregados son sometidos al simulador de lluvias.

Palabras Claves: *Estabilidad de agregados, turbidimetría, indicadores físicos, dispersión de arcillas, estructura del suelo*

Turbidimetry a promising method to characterize the structural stability of soils

ABSTRACT

In two hillside areas in the north of the Cauca department, with mean annual rainfalls between 1600 and 2400mm and soils classified as Inceptisols, erosion plots were established and several different soil management systems were evaluated during seven years. The turbidimetry technique was used with soil samples from the treatments to characterize structural stability of the aggregates. The method is based upon the fact that water as an extrinsic factor of the soil is an important agent in the destruction of the aggregates, causing the formation of smaller aggregate units and the dispersion of the finest materials (clays).

Aggregates with diameters between 1-2 and 2-4mm from the different treatments were evaluated. Concentration readings were made for the first two minutes and 2 hours after the experiment. Results show that differences exist regarding the stability of aggregates between the crop rotations evaluated and that the technique is sensitive to the determination of structural stability of soils under different cultivation systems, including the input of organic materials. It was also observed that there is a clear tendency to a higher concentration of soil particles in the suspension when the aggregates are finer, this response being approximate to the results obtained when said aggregates were exposed to a rainfall simulator.

Key words: *aggregate stability, turbidimetry, physical indicators, clay dispersion, soil structure.*

¹ Contribución del Proyecto Conservación de Suelos y la Unidad de Física de Suelos, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), A.A. 6713, Cali, Colombia.

1. INTRODUCCION

La degradación del suelo es un fenómeno silencioso, que se presenta por etapas de menor a mayor grado, esto origina que los agricultores en las primeras etapas no perciben el fenómeno, puesto que el rendimiento de los cultivos se mantiene la aplicación de fertilizantes. Dentro de este proceso de desarrollo la degradación, especialmente la originada por la erosión del suelo, está conduciendo rápidamente a que vastas regiones disminuyan su capacidad productiva y no haya esperanza de alcanzar una agricultura sostenible en un futuro próximo.

De la misma manera que se destaca la importancia del agua en la nutrición de las plantas hay que considerar que constituye uno de los factores extrínsecos al suelo que atenta contra la estabilidad de los agregados bien sea como aportante de energía de impacto con la lluvia, o afectando la atracción entre los agregados del suelo. Este último fenómeno es importante puesto que contribuye a determinar ampliamente la tasa a la cual el agua puede entrar al suelo. Este proceso de destrucción de los agregados se inicia con la disminución de la tensión superficial del agua y su consecuente cohesión superficial, adicionalmente debido a que el dipolo agua es positivo, es atraído por las cargas negativas de las arcillas, entonces en el caso de aumentar la cantidad de agua las moléculas de arcilla se distancian disminuyendo la cohesión molecular.

Kirkby y Morgan (1984) , manifiestan que el impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de las partículas del suelo conducen a la formación de costras. Greenland (1975), comenta que es importante analizar la estabilidad de los agregados más superficiales, ya que por estar disponibles al impacto directo de las gotas de lluvia, son los más sensibles a romperse y formar una costra con sus constituyentes y por lo tanto reducir la infiltración y aumentar la escorrentía. Young (1984), reporta que cuando el contenido de materia orgánica es alto los agregados del suelo tienden a humedecerse más lentamente cuando son sumergidos en agua, resultando en menos destrucción y consecuentemente menos formación de arroyuelos. Emerson (1967), desarrolló el test de coherencia en agua que clasifica los agregados en ocho clases de estabilidad, basándose en el hinchamiento y dispersión de los agregados cuando se sumergen en agua. Muchos autores están de acuerdo al afirmar que la estabilidad de los agregados del suelo representa la más importante propiedad física que gobierna la resistencia de muchos suelos a la erosión (Bryan, 1968; Bruce-Okine y Lal, 1975)

El estudio de la estabilidad estructural de los suelos ha sido bastante desarrollado a través de los métodos de tamizado en húmedo y del test de simulación de lluvias. Sin embargo, dentro de este grupo de técnicas la turbidimetría aparece como una metodología sencilla, de alta confiabilidad y aplicabilidad que ha sido estudiada por varios autores (Williams, 1966; Reid and Goss,1982; Molope *et al.*, 1985) y ha reflejado sensibilidad en campos con diferentes historias de cultivo.

El objetivo de este estudio fue caracterizar la influencia del uso continuo del suelo en cultivos y praderas sobre la estabilidad estructural de diferentes tamaños de agregados utilizando la técnica de turbidimetría.

2. MATERIALES Y METODOS

Descripción de los sitios y rotación de cultivos.

La zona está dominada por la formación Popayán, constituida por tres formaciones bien diferenciadas que son: zona aluvial, altiplanicie disceptada y colinas. Santander de Quilichao (Estación CIAT) pertenece a la formación aluvial que es una prolongación del valle geográfico del Río Cauca. La precipitación promedio anual en el área varía entre 1600 mm y 2400 mm y son de carácter bimodal. Los suelos de ladera de la región son ácidos o muy ácidos con pH entre 4.3 Santander y 4.8 Mondomo, con niveles muy bajos de fósforo disponible (1.5 - 4 ppm P Bray II). Estudios recientes clasifican el suelo de Santander como “amorphous, isohyperthermic Oxidic Dystric””. En Mondomo como “Kaolinitic-amorphous, isohyperthermic Oxidic Humitric””.

Cinco tratamientos en dos localidades (Santander de Quilichao y Mondomo en el Departamento del Cauca) que han involucrado rotaciones con diferentes cultivos se han utilizado para este estudio. Los diferentes tratamientos establecidos bajo un diseño de bloques randomizados son descritos en la Tabla 1. Parcelas de referencia que corresponden a suelo “virgen”, con más de 10 años de pradera original también fueron utilizadas.

Tabla 1. Registro histórico de los tratamientos en Santander de Quilichao y Mondomo (Departamento del Cauca)

Tratamientos	1992-94	94-95	95 A/B	1996	1997
1. Parcelas desnudas (referencia)				*	
2. Rotación cultivos + abono orgánico + labranza	C (F)	Y	M	Y	C (F)
3. Rotación a partir de pradera mejorada. LM + AQ	B+K	Y	M	Y	C (F)
4. Rotación convencional. L + AQ	Bb	Y	M	Y	C (F)
5. Rotación cultivos + leguminosas. L + AQ	Y+Ca	Y+Ca	M+Ch	Y+C	C (F)
6. Rotación a partir de pradera mejorada L + AQ	B+K	B+K	M	B+Cm	B+Cm

* Pradera original removida en Abril/96

B= *Brachiaria decumbens*; Bb= Barbecho; C= *Vigna unguiculata* (Santander); Ca= *Centrosema acutifolium*; Cm= *Centrosema macrocarpum*; Ch= *Chamaecrista rotundifolia*; F= Frijol (Mondomo); K= *Pueraria phaseoloides*; M= Maíz; Y= Yuca; LM= Labranza mínima; AQ= Abono químico.

Descripción del método turbidimétrico

El método es una modificación de Williams *et al.* (1966). Muestras de 2g de suelo seco al aire para tamaños de 1-2 mm y 2-4 mm se colocan en tubos de centrifuga, se prehumedecen lentamente y se añaden 30 ml de agua destilada, luego son agitados a 70 rpm durante 10 minutos. Inmediatamente después de la agitación con una pipeta automática se toman 10 ml de la suspensión y el porcentaje de transmisión de luz se mide usando un espectrofotómetro Gilford Stasar (modelo 1220) a 630 nm. Su concentración se determina contra una curva de

calibración de concentración conocida, hecha con suelo y arcilla natural de los mismos suelos estudiados. Luego las suspensiones son dejadas hasta que las partículas de diámetro mayor de 2μ se han asentado para una nueva lectura. En este documento el porcentaje de dispersión de suelo corresponde a la concentración de suelo en suspensión inmediatamente después de la agitación y el porcentaje de dispersión de arcillas corresponde a la concentración de arcillas en suspensión dos horas después de la agitación.

Las muestras fueron obtenidas de la superficie 0-2.5cm (zona de recepción de impacto del suelo) de cada uno de los tratamientos, tamizadas secas al aire y separadas las fracciones necesarias. La materia orgánica fue determinada por el método de combustión húmeda utilizando tres submuestras por replicación en cada localidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Dispersión de suelo y arcillas

En general los valores de dispersión de suelo (inicial) y arcillas (final) para las parcelas de referencia “virgen” son mas bajos significativamente, que para los demás sistemas propuestos (Figuras 1 y 2).

La concentración de suelo en la suspensión inmediatamente después de la agitación (% dispersión suelo) y dos horas después (% dispersión arcillas) para agregados de 1-2 mm en Santander presenta una respuesta interesante cuando se comparan los tratamientos de referencia “virgen” contra rotación más labranza mínima y rotación más abono orgánico (gallinaza 2 t/ha). Estos resultados sugieren el posible efecto dispersante de la gallinaza (material de alta conductividad eléctrica) adicionada en estos suelos, además los valores relativamente bajos de materia orgánica presentados en este sistema con varios años de aplicaciones en cada rotación posiblemente son producto de las pérdidas de suelo superficial por erosión (Figura 1). Los resultados son similares para las lecturas de concentración de suelo y arcilla después de la agitación para los agregados de 2-4mm en la misma localidad.

En la Figura 2 se observa mayor dispersión de suelo para los agregados mas finos, y menor dispersión en los más gruesos. Posiblemente ofrecen un mejor ambiente para el crecimiento de hifas de hongos u otros microorganismos del suelo. Esto concuerda con resultados recientes (no mostrados) cuando los tamaños de agregados son sometidos al impacto de las gotas de simuladores de lluvia. Se destaca también la mayor dispersión (%) de suelo para los tratamientos con gallinaza y rotación con coberturas de leguminosas.

En Mondomo se observan tendencias similares utilizando la misma técnica. Con diferencias significativas entre tratamientos y valores de dispersión (%) de suelo y arcillas mayores en esta localidad. Sin embargo, los altos contenidos relativos de materia orgánica reportados en el tratamiento de rotación + pradera + labranza no se relacionan con los altos porcentajes de dispersión presentados. Posiblemente esto se debe a la mayor sensibilidad de estos suelos a la labranza.

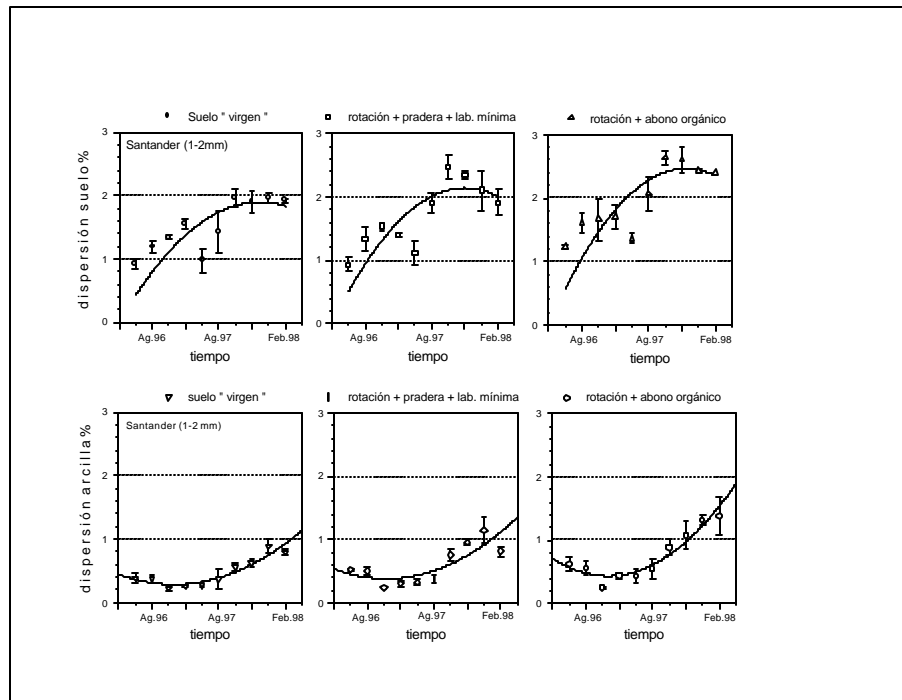


Figura 1. Porcentaje de dispersión de suelo y arcilla en agregados (1-2mm) de Santander de Quilichao utilizando el método turbidimétrico. (* = la diferencia en concentración de la suspensión es significativa al nivel de $P < 0.05$)

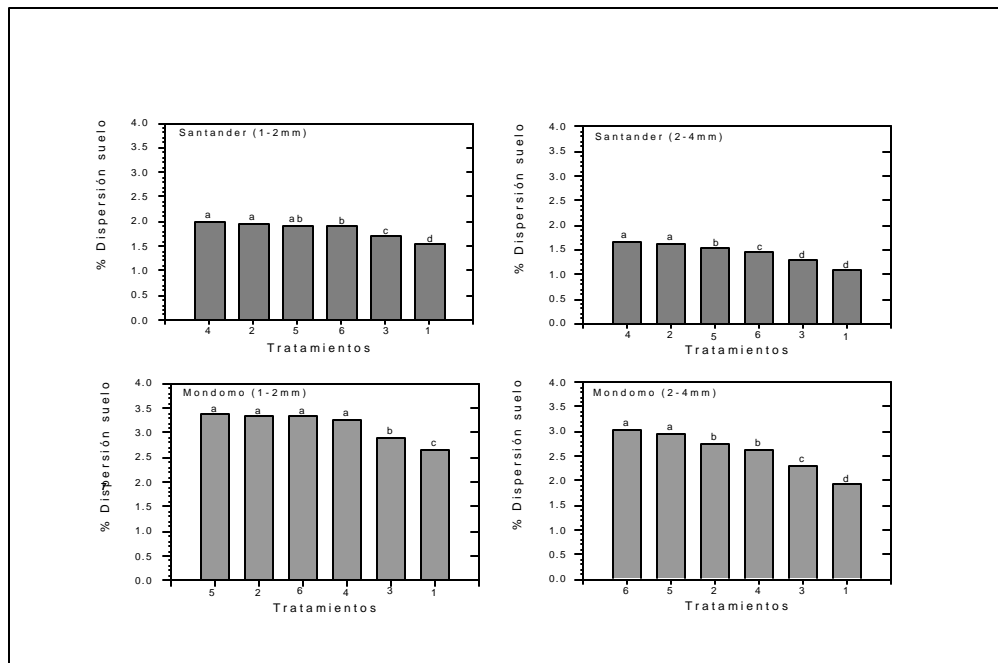


Figura 2. Comparación del porcentaje de dispersión de suelo entre los diferentes tratamientos, para dos tamaños de agregados de suelos de Santander y Mondomo. (Barras con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de 5%).

Las menores diferencias mostradas en la Figura 2. en la dispersión (%) de suelo entre los agregados finos (1-2mm) y los gruesos (2-4mm) en la localidad de Mondomo esta reflejando una situación que es común en suelos de alta separabilidad, sensible a factores externos como el impacto de la gota y la labranza .

4. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos sugieren que la turbidimetría se constituye en un buen método para estudiar la estabilidad estructural de los suelos y de sistemas de manejo de suelos y de cultivos.
2. Por ser una determinación sencilla y confiable debería ser implementada en los laboratorios.
3. Los resultados presentan claramente que la gallinaza está actuando como un agente que causa dispersión del suelo. Es necesario profundizar en este aspecto.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Bruce-Okine, E., and R. Lal. 1975. Soil erodibility as determined by a raindrop technique. *Soil Sci.* 119:149-157.
- Bryan, R.B. 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma* 2:5-26.
- Emerson, W. W. 1967. A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Aust. J. Soil Res.* 5: 47-57.
- Greenland, D. 1975. Soil structure and erosion hazard. In: Greenland, D. J., Lal, R., eds. *Soil Conservation and management in the humid tropics*. Chichester, John Wiley. Pp. 17-23.
- Kirkby, M.J.; R.P.C. Morgan, 1984. *Erosión de suelos*. Primera edición. México, Linusa S.A. 375p.
- Lal, R. 1975. The soil and water conservation problem in Africa: Ecological differences and management problem. In: Greenland, D. and Lal, R., eds. *Soil conservation and management in the humid tropics*. Chichester, John Wiley. Pp. 143-149.
- Molope, M. B., Page, E. R. and Grieve, I. C. 1985. A comparison of soil aggregate stability tests using soils with contrasting cultivation histories. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 319-337.
- Reid, J. B. and Goss, M. J. 1982. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. *J. Soil Sci.* 33: 47-53
- Williams, B. G., Greenland, D. J., Lindstrom, G.R. and Quirk, J. P. 1966. Techniques for the determination of the stability of soil aggregates. *Soil Sci.* 101: 157-163
- Young, R.A.1984. A method of measuring aggregate stability under waterdrop impact. *Transactions of the ASAE.* 27: 1351-1354.

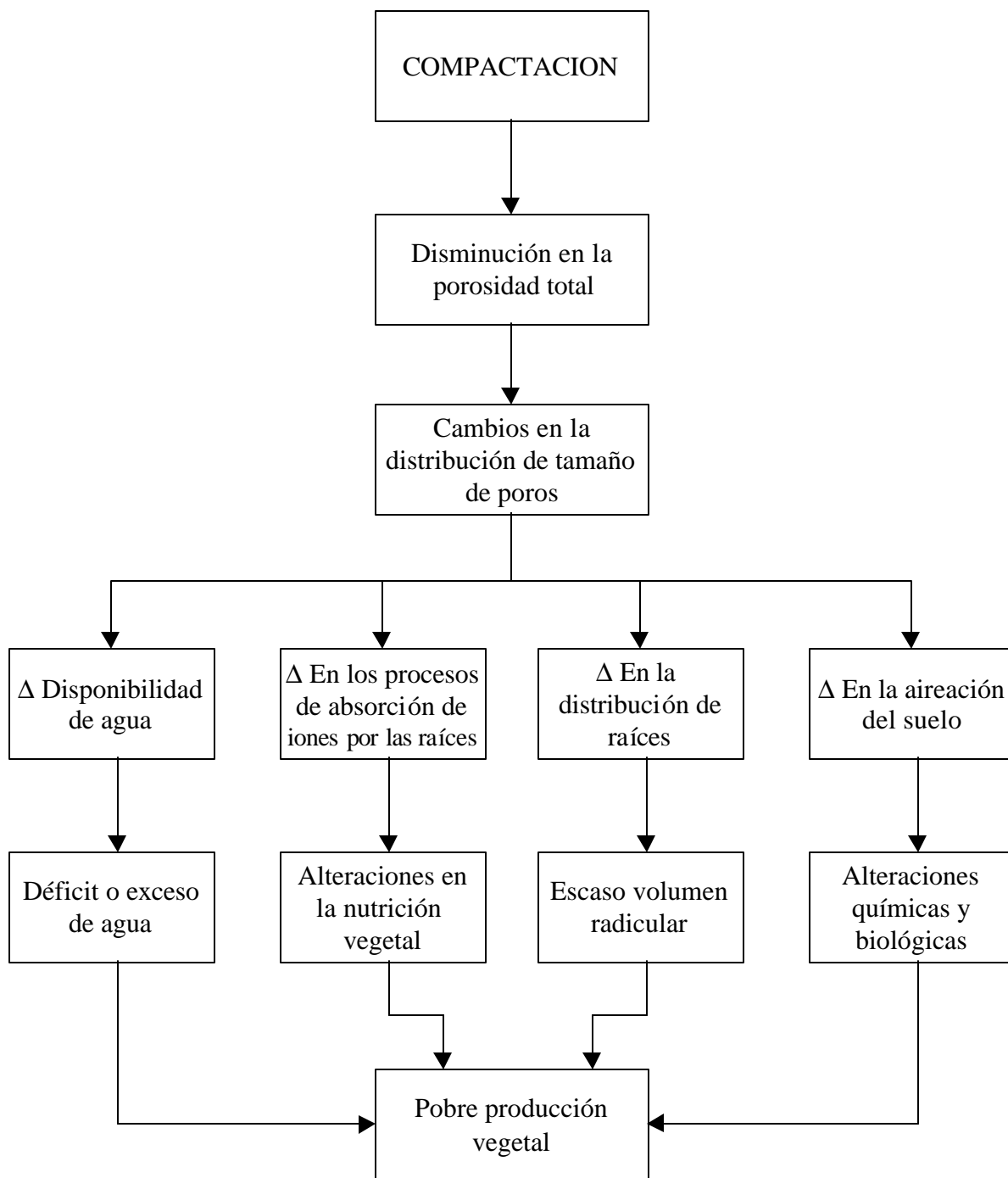


Figura 1. Influencia de compactación en la distribución de tamaño de poros y en los procesos relacionados con la nutrición de las plantas (Amézquita, 1990)

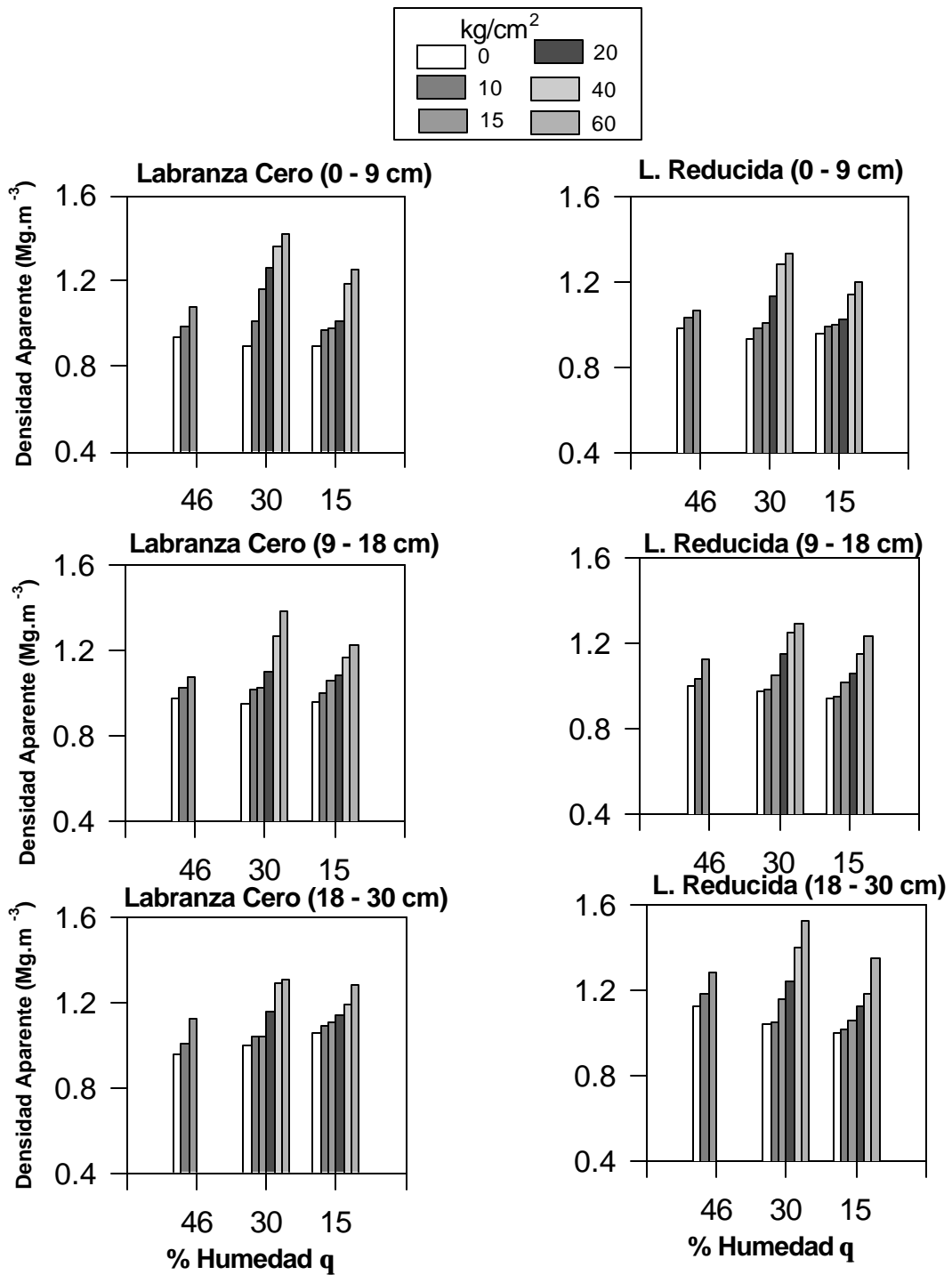


Figura 2. Cambios de densidad aparente ($Mg.m^{-3}$) a diferentes contenidos de humedad volumétrica y a diferentes presiones confinadas. Suelo Volcánico

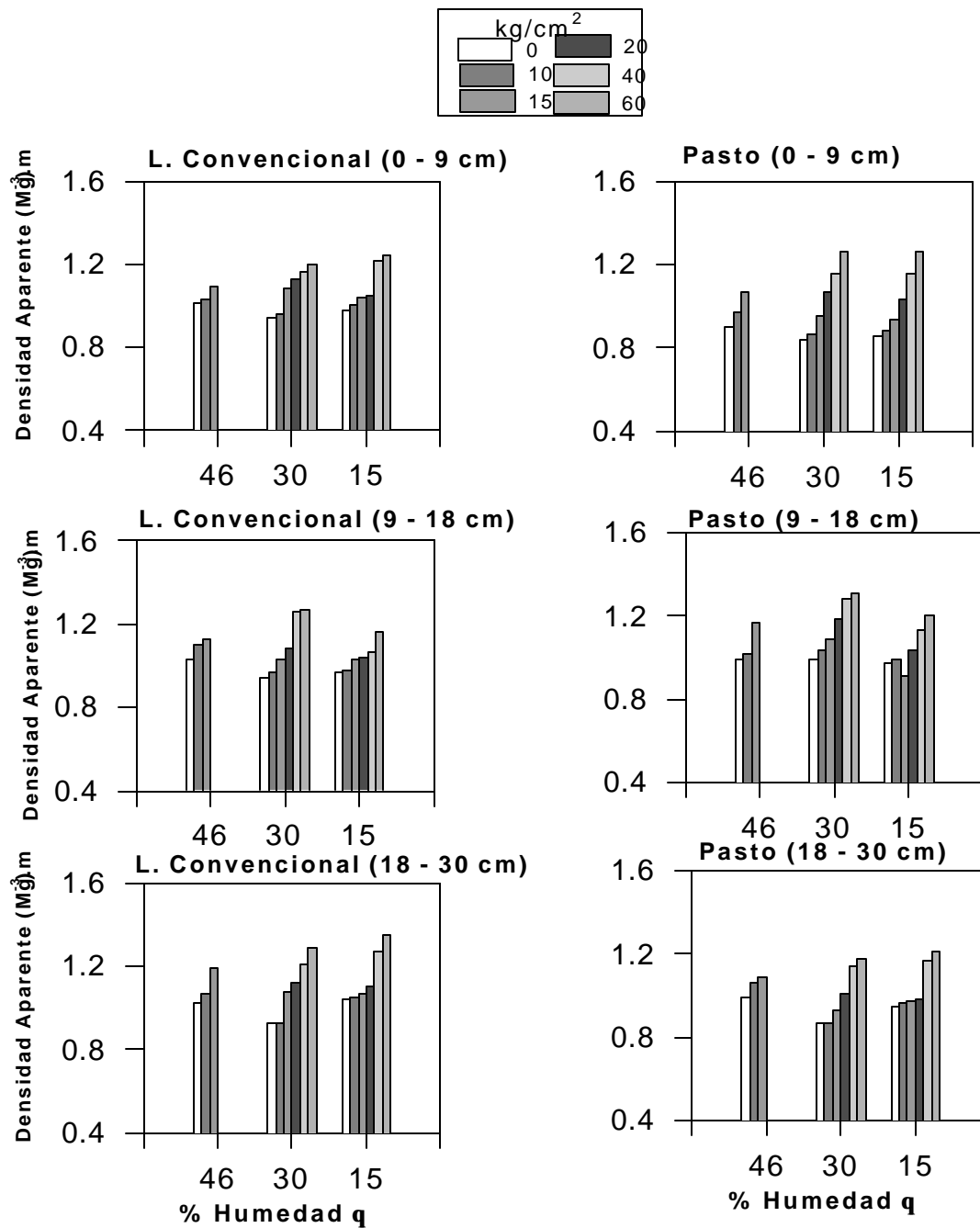


Figura 3. Cambios de densidad aparente ($Mg.m^{-3}$) a diferentes contenidos de humedad volumétrica y a diferentes presiones confinadas. Suelo Volcánico

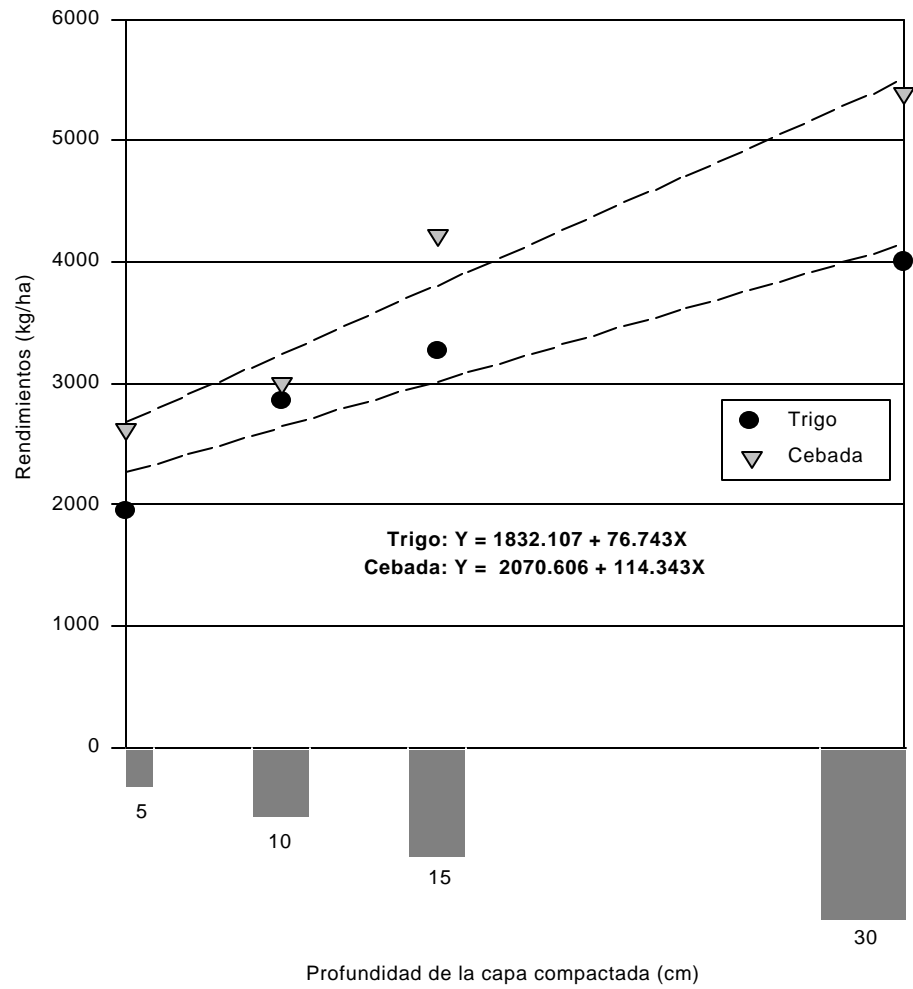


Figura 4. Influencia de la profundidad de compactación en los rendimientos de trigo y cebada

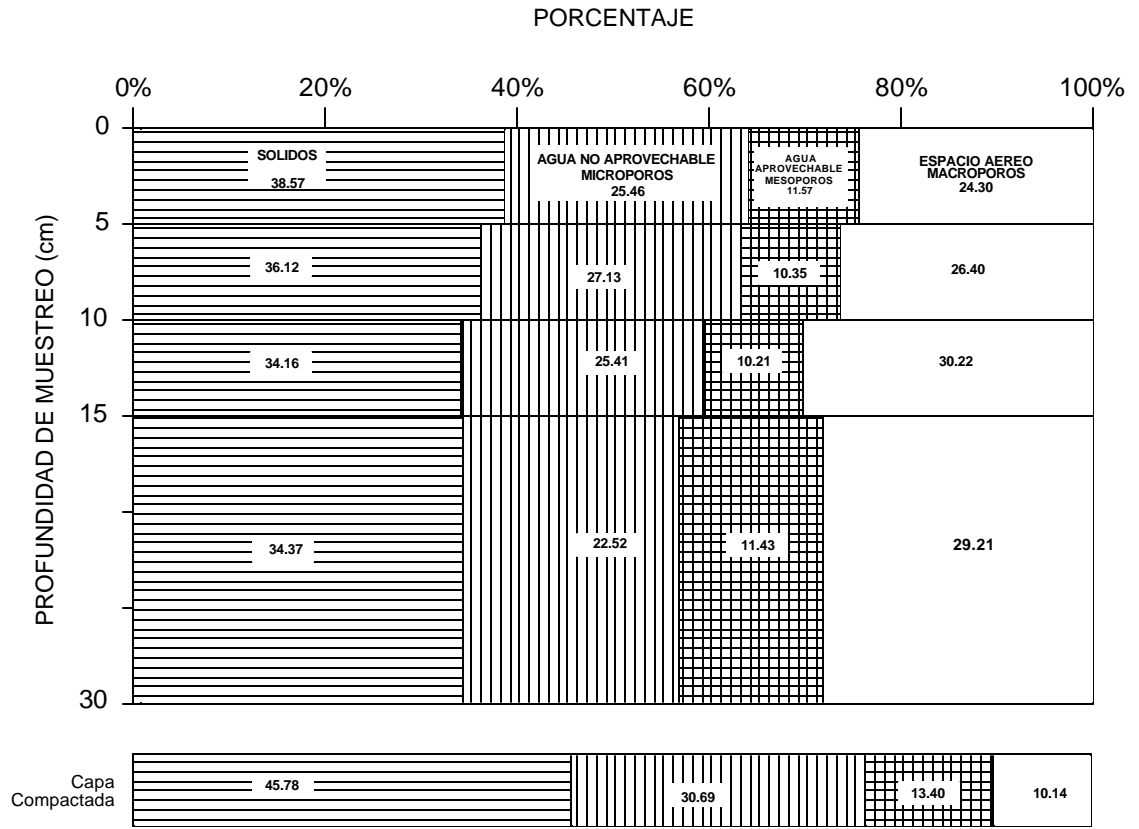


Figura 6. Distribución de la fases sólida, líquida y gaseosa en suelo no compactado y suelo compactado (Suelo volcánico).

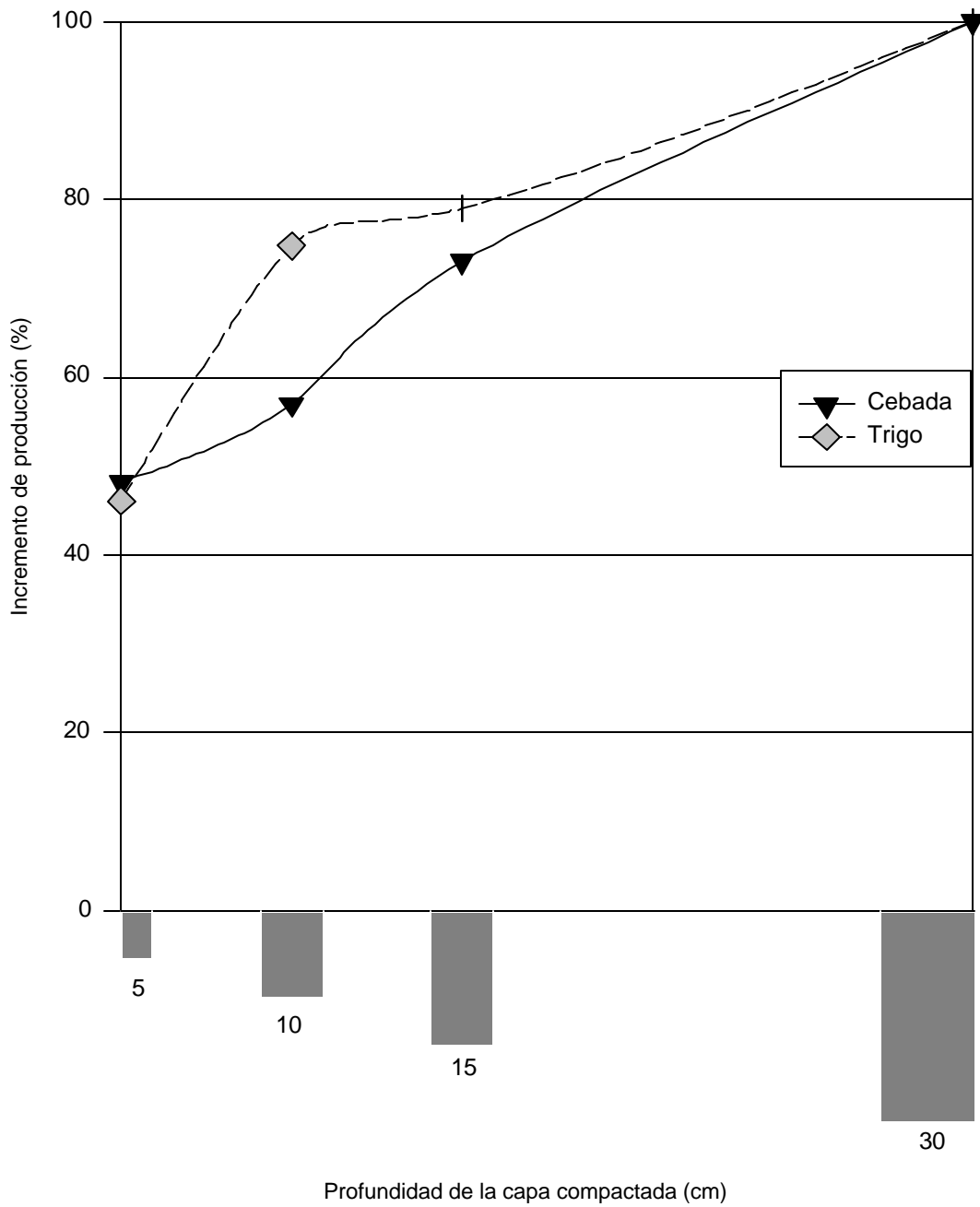


Figura 5. Disminución porcentual de los rendimientos en función de la profundidad de la capa compactada