

Nota de Investigación

EFECTO DE PLANTAS DE COBERTURA, RÁBANO (RAPHANUS SATIVUS L.) Y SÉSAMO (SESAMUN INDICUM L.), SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO COTO (TYPIC HAPLUDOX)^{1,2}

Astrid Racancoj-Coyoy³, Rebecca Tirado-Corbalá^{4} y Elide Valencia-Chin⁵*

J. Agric. Univ. P.R. 102 (1-2):89-94 (2018)

Las plantas de cobertura pueden ser leguminosas, gramíneas u otras especies, que se establecen dentro de los sistemas de producción y proporcionan servicios agroecosistémicos (Creamer et al., 1997; Hartwig y Ammon, 2002). En los trópicos, el uso de plantas de cobertura se ha incrementado para aumentar la materia orgánica de los suelos, reducir la erosión, mejorar la estabilidad de agregados, reducir la resistencia a penetración y conservar la humedad (Carlo, 2009; Lemessa y Wakjira, 2015; Magdoff y Van, 2009).

El rábano (*Raphanus sativus* L.) es una planta anual de la familia Brassicaceae, que puede mejorar la estructura de los suelos y controlar malezas (Weil et al., 2006). Tiene una raíz principal que puede crecer hasta 30 cm de longitud, lo que favorece en la absorción de nutrientes que posteriormente pueden ser incorporados a los sistemas de producción (Lawley et al., 2011; Jacobs, 2012). El sésamo (*Sesamun indicum* L.), de la familia Pedaliaceae, es otra planta anual con potencial como cultivo de cobertura para mejorar la estructura del suelo y aumentar la retención de humedad (Langham et al., 2008). El sésamo presenta una mayor relación de carbono: nitrógeno (C: N) que la mayoría de las leguminosas de cobertura y también puede competir con las malezas (Myers, 2002). La presente investigación fue diseñada para evaluar el efecto del rábano y del sésamo sobre la densidad aparente, resistencia a la penetración y estabilidad de agregados del suelo Oxisol, ubicado en la subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

En diciembre de 2016, se realizó una siembra del cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) cv. 'Red Lady', bajo un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo de parcelas divididas y cuatro repeticiones. La parcela completa correspondía a las dos densidades de siembra de papaya: convencional de hilera simple (3.5 × 1.25 m) y doble hilera (4 × 2 × 1.25 m). Las plantas de cobertura y el control (sin cobertura) se asignaron a las subparcelas. Entre las hileras de papaya, se sembraron al voleo el rábano y sésamo a una densidad de 13 kg/ha (Björkman y Shail, 2010; Creamer y Baldwin,

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 1 de marzo de 2018.

²Esta investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura Federal, Proyecto H-465.

³Exestudiante graduada, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681.

⁴Catedrática Asociada, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681. *Autor correspondencia. Tel: 787-370-9179. E-mail: rebecca.tirado@upr.edu.

⁵Catedrático, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681.

2000). El suelo del predio experimental está clasificado como Oxisol serie Coto (Muy fino, caolínico, isohipertérmico Típico Hapludox) (Muñoz et al., 2018). A las 14 semanas de realizada la siembra de las plantas de cobertura, estas se cortaron y se dejaron en la superficie del suelo (cobertura muerta). Se realizaron muestreos a los dos, cuatro y ocho meses después del corte (MDC) de las plantas de cobertura para determinar la densidad aparente (DA), estabilidad de agregados del suelo (EA) y resistencia a la penetración (RP). La DA se determinó mediante el método del cilindro, utilizando un “Bulk Density Soil Sampler with Compact Slide Hammer” con volumen de 206 cm³; en cada unidad experimental se recolectó una muestra a 20 cm de profundidad. Para determinar la EA, se recolectó una muestra de suelo, de 0 a 15 cm de profundidad, de cada unidad experimental. La EA se determinó mediante el método de tamizado en húmedo de Kemper (Kemper y Rosenau, 1986). En la determinación de la RP se utilizó un penetrómetro de cono estático Field Scout TM SC 900 (Spectrum Technologies Inc.)⁶ equipado con una punta cónica de 1.27 cm de diámetro con resolución de profundidad de 2.5 cm y una resolución de resistencia de 35 kPa. Se realizaron tres mediciones de RP en cada unidad experimental alcanzando una profundidad de 45 cm.

Los efectos de las plantas de cobertura sobre DA, RP y EA se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó el PROC GLIMMIX del paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4®). Cuando existieron diferencias significativas ($P < 0.05$), se realizó una separación de medias utilizando los cuadrados mínimos (LSMEANS). Las variables de DA y RP se analizaron bajo un PROC GLIMMIX con arreglo de medidas repetidas en el tiempo.

No se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) en la DA entre rábano y sésamo, tampoco existió diferencias en el tiempo después del corte de las plantas de cobertura (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Sasal y Andriulo (2005) demostrando que el rábano no presentó un efecto en el cambio de la DA a los seis meses de siembra. Sin embargo, la falta de efecto de los cultivos de cobertura sobre la DA encontrada en este trabajo difiere de lo reportado en otros estudios (Haruna y NKongolo, 2015; Nascente et al., 2015), en donde demuestran disminuciones de DA en la capa superficial del suelo en respuesta a la introducción de gramíneas como cultivos de cobertura.

A medida que pasó el tiempo (MDC), la EA disminuyó en todas las unidades experimentales (Figura 1). La mejor EA se presentó a los dos MDC de las plantas de cobertura

CUADRO 1.—Efecto de las plantas de cobertura sobre la densidad aparente del suelo (g/cm^3) según mes después del corte, en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

Cobertura	Mes después de corte		
	2	4	8
Rábano	1.28	1.34	1.32
Sésamo	1.33	1.29	1.34
Control	1.30	1.32	1.34
Pr >F	0.507	0.565	0.851

⁶Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

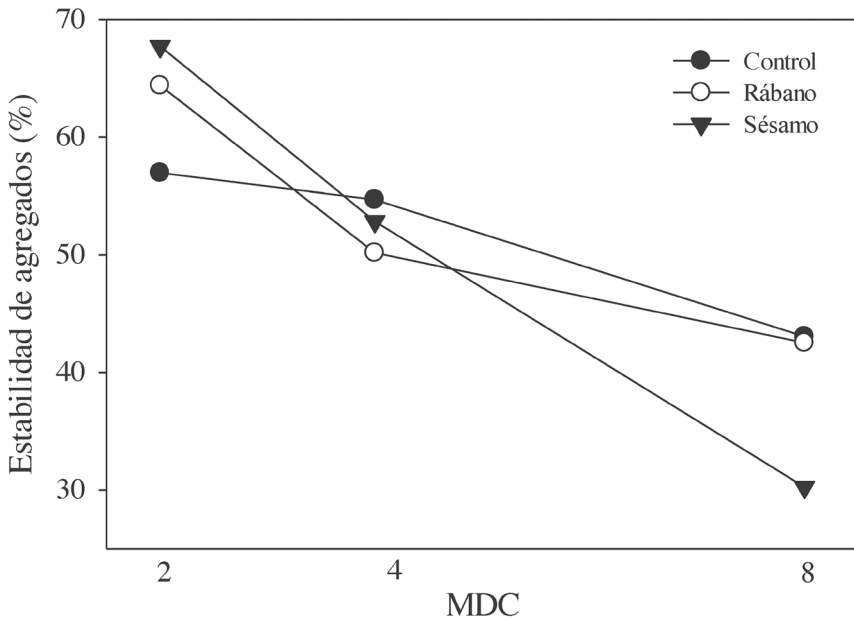


FIGURA 1. Efecto de las plantas de cobertura sobre la estabilidad de agregados del suelo (%) según mes después de corte (MDC) en el suelo Oxisol de la Subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

(Pr= 0.04) reportando valores promedio de 63.0%. El sésamo demostró la mayor EA (68 %). A los cuatro MDC (Pr=0.62), las unidades que estaban sembradas con las plantas de cobertura presentaron un comportamiento similar con las unidades control reportando 50, 51 y 52 % de EA para rábano, sésamo y control, respectivamente. Mientras a los 8 MDC (Pr=0.01), se encontró mayor EA para rábano y control (~ 42%) versus sésamo (30%) (Figura 1). Respecto al rábano cobertor, estos resultados difieren al estudio realizado por Sasal y Andriulo (2005) en donde demuestra que el utilizar rábano con densidad de 20 kg/ha incrementó en 70% la EA en los primeros 5 cm del perfil del suelo serie Rojas (Fino, íltica, mélica Típico Argiudol). La estabilidad estructural mejoró durante los seis meses del ciclo del rábano, pero después de los seis meses el efecto desapareció y la EA que se reportó fue como la estabilidad inicial (Sasal y Andriulo, 2005). El comportamiento similar de las plantas de cobertura con las unidades de control se puede atribuir a que la vegetación natural contribuye de igual manera a mantener las propiedades físicas del suelo. La mayoría de las malezas que predominaban en el predio experimental eran gramíneas, en específico pasto Johnson (*Sorghum halepense*). Las raíces de las malezas contribuyen a la agregación del suelo por la penetración, producción de exudados y el entrelazamiento de agregados causados por las raíces y su descomposición (Bronick y Lal, 2005). Esto resalta la importancia de mantener siempre una cubierta vegetativa sobre el suelo y el beneficio de incorporar los residuos vegetativos al suelo.

La RP aumentó a medida que pasaron los MDC de las plantas de cobertura; la menor resistencia a penetración se presentó a los 2 MDC (1,522 kPa). A los 4 y 8 MDC aumentó la resistencia presentando valores de 2,042 y 2,799 kPa, respectivamente. No se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las plantas de cobertura y el tratamiento con-

CUADRO 2.—Cuadros mínimos resistencia a la penetración (kPa) de las plantas de cobertura según mes después de corte, en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

Cobertura	Mes después de corte		
	2	4	8
Rábano	1,466	2,057	2,916
Sésamo	1,533	2,085	2,922
Control	1,566	1,985	2,560
Pr >F	0.814	0.886	0.5367

trol para RP independiente del MDC (Cuadro 2). La resistencia a la penetración es una propiedad menos efectiva que la densidad aparente para detectar los cambios a corto plazo producidos por la inclusión de cultivos de cobertura (Castiglioni et al., 2016). Sánchez et al (2012) encontraron que los cultivos de cobertura no promovían cambios a corto plazo en la RP en los primeros 10 cm de un Oxisol. Sin embargo, en el estudio realizado en la Estación Experimental de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil, en un suelo clasificado como 'dystroferic Red Latosol' se muestra un efecto de gramíneas como cultivos de cobertura sobre la RP, reportando un RP más bajo en las capas de 0 a 0.10 y 0.10 a 0.20 m en comparación al barbecho o el uso de leguminosas (Teixeira et al., 2016).

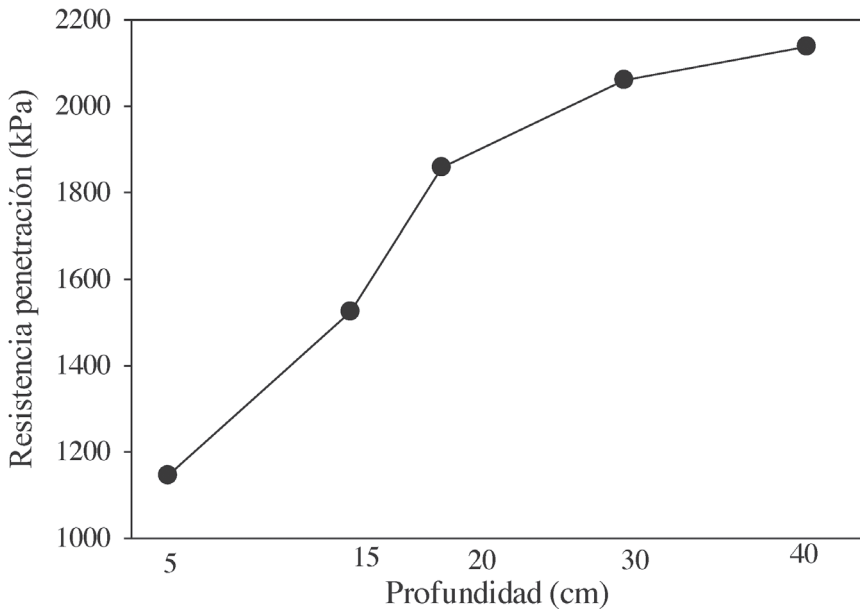


FIGURA 2. Resistencia a la penetración (kPa) según la profundidad del suelo tomando en cuenta valores a los dos y cuatro meses después del corte de las plantas de cobertura en el suelo Oxisol de la Subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

Se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) en RP según la profundidad del suelo. A mayor profundidad la RP aumenta; en la superficie del suelo se reportan valores alrededor de 50% menos que los encontrados a los 45 cm de profundidad (Figura 2). Estos resultados son consistentes con el estudio de Teixeira et al. (2016) de sistemas de labranza y cultivos de cobertura sobre las propiedades físicas del suelo después del cultivo de soya (*Glycine max*). En donde la RP de las unidades experimentales tanto con plantas de cobertura como en barbecho aumenta según la profundidad del suelo. Unidades experimentales con gramíneas presentaron menor RP, pero aumentó según la profundidad; reportaron valores de 0.26, 1.32 y 1.91 MPa en los 0 a 0.10, 0.10 a 0.20 y 0.20 a 0.30 cm, respectivamente. En el barbecho reportaron valores de 0.34, 1.51 y 1.75 MPa de 0 a 0.10; 0.10 a 0.20 y 0.20 a 0.30, respectivamente. Stankovičová et al. (2008) también observaron un aumento en la RP a mayor profundidad del suelo en un estudio de compactación de un suelo cubierto por gramíneas.

En conclusión, se presentaron comportamientos similares para DA independiente al tipo de planta de cobertura o el tiempo después del corte. La EA disminuyó a medida que transcurría el tiempo (MDC), el sésamo a los 2 MDC presentó la mayor EA, 67%. La RP aumenta según la profundidad de suelo. El incluir cultivos de cobertura a los sistemas de producción permite mejorar las características físicas del suelo. Por otro lado, el tener cubierto el suelo con vegetación natural contribuye de igual manera a mantener la estabilidad del suelo y disminuir la RP.

LITERATURA CITADA

- Björkman, T. y J. W. Shail, 2010. Cornell cover crop guide for forage radish. Cornell University. 2 pp. Ver. 1.100716
- Bronick, C. y R. Lal, 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- Carlo, S., 2009. Promoting the use of tropical legumes as cover crops in Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 79 p.
- Castiglioni, M., R. Navarro-Padilla, E. Maximiliano, R. Romaniuk, M. Beltran y F. Mousegne, 2016. Respuesta en el corto plazo de algunas propiedades físicas a la introducción de cultivos de cobertura. *Ciencia del Suelo* 34(2): 263-278.
- Creamer, N. G., M. A. Bennett y B. R. Stinner, 1997. Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. *HortScience* 32: 866-870.
- Creamer, N. G. y K. R. Baldwin, 2000. An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. *HortScience* 35(4): 600-603.
- Hartwig, N. y H. Ammon, 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50: 688-699.
- Haruna, S. y N. NKongolo, 2015. Cover crop management effects on soil physical and biological properties. *Procedia Environmental Sciences* 29: 13-14.
- Jacobs, A., 2012. Plant fact sheet for oilseed radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Booneville Plant Materials Center, Booneville, AR.
- Kemper, W. D. y R. C. Rosenau, 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute, A., G. S. Campbell, R. D. Jacson, M.M. Mortland, y D.R. Nielsen (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part I. ASA and SSSA, Madison, WI, USA*, pp. 425-442.
- Langham, D. R., J. Riney, G. Smith, y T. Wiemers, 2008. Sesame grower guide. Sesaco Sesame Coordinators, Lubbock, TX.
- Lawley, Y., R. Weil, y J. R. Teasdale, 2011. Forage radish cover crop suppresses winter annual weeds in fall and before corn planting. *Agronomy Journal* 103: 137-144.
- Lemessa, F. y M. J. Wakjira, 2015. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Crop Sci. Biotechnol.* 18: 123.
- Magdoff, F. y H. Van, 2009. Building soils for better crops, sustainable soil management. Sustainable Agriculture Publications, Waldorf, MD.

- Muñoz, M. A., W. I. Lugo, C. Santiago, M. Matos, S. Ríos and J. Lugo, 2018. Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2017. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. College of Agricultural Sciences, Agricultural Experiment Station. San Juan, Puerto Rico. Bulletin 313. 73 p.
- Myers, R., 2002. Alternative crop guide: Sesame. Jefferson Institute, Columbia, MO.
- Nascente, A., L. Yuncong y C. Crusciol, 2015. Soil aggregation, organic carbon concentration, and soil bulk density as affected by cover crop species in a no-tillage system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39(3): 871-879.
- Teixeira, R., M. Borges, C. Roque y M. Oliveira, 2016. Tillage systems and cover crops on soil physical properties after soybean cultivation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20(12): 1057-1061.
- Sánchez, E., M. F. Maggi, A. M. Genú y M. M. L. Muller, 2012. Winter cover crops, plant biomass production and soil resistance. *Appl. Res. & Agrotec.* 5(3): 33-40.
- SAS, 2009. SAS User Guide. Statistical Analysis Institute Inc. Cary, N.C.
- Sasal, M. y A. Andriulo, 2005. Cambios en la porosidad edáfica bajo siembra directa por la introducción de *Raphanus sativus* L. (nabo forrajero). RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 34(3): 31-150.
- Stankovičová, K., J. Novák, J. Bajla y J. Chlupík, 2008. Penetration resistance of soil on the yearlong using mountainin pasture by the cattle. *Journal Central European Agriculture* 9(2): 311-316.
- Weil, R., C. White y Y. Lawley, 2006. Forage radish: new multi-purpose cover crop for the Mid-Atlantic. Univ. of Maryland Cooperative Extension Fact Sheet 824, College Park.