

## Efectos de la cubierta vegetal en olivares semiáridos sobre la escorrentía y la infiltración en diferentes condiciones de humedad del suelo

Andrés García-Díaz, Blanca Sastre Rodríguez, Ramón Bienes Allas

Dpto. Investigación Aplicada y Extensión Agraria. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA). Carretera A2 km 38. Alcalá de Henares, Madrid.

### RESUMEN

El olivar es un cultivo fundamental en la zona Mediterránea y en España en particular dada su extensión y su carácter cultural. El manejo convencional genera efectos perjudiciales para el medio ambiente, para la fertilidad del suelo de los propios olivares y para su sostenibilidad a largo plazo. Se propone un experimento para analizar, los efectos de tres manejos alternativos (cubierta vegetal de *Brachypodium distachyon*, cubierta vegetal de yerros y cubierta vegetal de vegetación espontánea) comparativamente con el manejo de laboreo convencional, sobre la escorrentía y la infiltración a través de ensayos de campo. Los resultados de porcentaje de escorrentía generada han sido muy influenciados por la fecha de muestreo y por el tratamiento. En abril, en condiciones húmedas el laboreo fue el tratamiento menos efectivo para reducir la escorrentía. Lo contrario tuvo lugar en el muestreo de mayo. Sin embargo el factor humedad precedente ha tenido un peso despreciable en los análisis estadísticos, con lo que la influencia del factor muestreo se deriva de si el suelo ha sido labrado recientemente o no y si la cubierta ha sido segada o no. La velocidad de infiltración no mostró resultados significativos y tan solo se puede hablar de tendencias a mayores infiltraciones en los manejos con cubierta y antes de la siega/laboreo de primavera.

**Keywords:** erosión, escorrentía, infiltración, cubiertas vegetales.

### INTRODUCCION

El cultivo del olivo ha sido muy importante desde el punto de vista histórico y cultural en la zona del Mediterráneo dado que el origen de su domesticación data de hace 7000 años (Breton et al., 2009). España es el país que tiene mayor superficie de olivar con 2,5 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2015). El manejo del suelo tradicional consistía en una serie de pases de labor, generalmente someras y un aporte casi anual de los estiércoles de los animales de trabajo y de ganadería. Con la introducción de la maquinaria a mediados del siglo XX y la desaparición de la relación ganadería-agricultura (a lo que hay que sumar los altos costes de transporte de estiércoles desde lugares lejanos) el manejo convencional ha evolucionado hacia un laboreo continuado que mantiene el suelo totalmente desnudo casi todo el año y en el que se ha reducido mucho el aporte de materia orgánica. Cuando se realiza un pase de labor, se incrementa la actividad aerobia microbiana del suelo aumentándose así la

tasa de mineralización de la materia orgánica y, al no ser repuesta mediante aportes adicionales, se produce un paulatino decrecimiento del contenido del suelo en materia orgánica, lo que va a tener importantes repercusiones sobre la capacidad del suelo para realizar sus funciones. Esto es, sobre su fertilidad.

Además de la agresividad del manejo convencional hacia el suelo, existen otros factores que van a favorecer los procesos de degradación. Las temperaturas de la zona Mediterránea favorecen la mineralización de la materia orgánica, lo cual hace que los agregados del suelo sean menos estables y el suelo sea más erosionable (Balesdent et al., 2000); el régimen lluvias con precipitaciones escasas e intensas favorecen los procesos erosivos; y la localización de muchos olivares tradicionales situados en pendiente en suelos poco profundos aumenta la erodibilidad del suelo.

Por todo ello, desde hace años se han propuesto manejos alternativos. Entre ellos, destaca el empleo de las cubiertas vegetales, las cuales pueden ser permanentes o temporales, sembradas o espontáneas y vivas o inertes (Cerdà et al., 2016; Novara et al., 2013; García-Díaz et al., 2018). El tipo de cubierta más conveniente depende de multitud de factores tales como el tipo de suelo, el clima, la orientación y el estado de degradación previo del suelo. Actualmente, las más utilizadas son cubiertas vegetales vivas espontáneas. No obstante, en suelos muy degradados es recomendable la siembra de cubiertas con determinadas especies que pueden favorecer una buena implantación.

Para estudiar las posibles mejoras en la hidrología del suelo derivadas del empleo de cubiertas vegetales se han realizado una serie de estudios principalmente mediante el uso de simuladores de lluvia (Rodrigo-Comino et al., 2018). Sin embargo, los resultados de estos dispositivos están condicionados por el efecto "splash" del impacto de las gotas del agua en el suelo y, por tanto, se hace necesario el análisis de la escorrentía como fenómeno por separado. Además, estos estudios suelen reducirse a una época concreta del año, con lo que se pierde el posible efecto que pudiera tener el contenido previo de humedad del suelo. Este problema no se presenta son el empleo de simuladores de escorrentía.

En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de las cubiertas vegetales y las condiciones de humedad del suelo sobre la infiltración y la escorrentía en olivares mediante ensayos de campo empleando un simulador de escorrentía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en un olivar situado en la Finca Experimental La Chimenea, en la localidad de Colmenar de Oreja (ETRS89: 455380, 4435730) a una altitud de 536 m.s.n.m. El suelo se ha desarrollado sobre margas yesíferas en la cuenca central del Tajo y se clasifica como Gypsic Haploxerept (Soil Survey Staff, 2014). El clima es mediterráneo semiárido: temperatura media anual de 13.6°C; precipitación media inferior a los 300 mm en los últimos 20 años y  $ET_0$  de 1112 mm. El olivar de la variedad Cornicabra se estableció en 2004 en un marco de 6 x 7 m.

El proyecto comenzó en noviembre de 2014 con los siguientes tratamientos:

- Laboreo convencional, consistente en mantener el suelo desnudo la mayor parte del año mediante 2 pases de cultivador a una profundidad media de 15 cm a finales del otoño y mediados de primavera.
- Cubierta vegetal sembrada permanente de *Brachypodium distachyon*. Sembrada a una dosis de 40 kg ha<sup>-1</sup> dejando medio metro sin sembrar a cada lado de la línea de olivos.
- Cubierta vegetal espontánea permanente. En 2014 se labró por última vez, dejando que creciera la vegetación espontánea.
- Cubierta vegetal sembrada anual de yeros (*Vicia ervilia*). Todos los años del ensayo se realizó un pase de cultivador, sembrando a una dosis de 90 kg ha<sup>-1</sup>. Como en el tratamiento con *Brachypodium* se dejó sin sembrar medio metro a cada lado de la línea de olivos.

Los tres tratamientos con cubierta vegetal se segaron a principios de mayo a una altura de 10-15 cm utilizando una desbrozadora de martillos. Con dicha altura de siega se pretendía que quedara una cantidad de espigas de *Brachypodium* tal que permitiera la auto resiembra cada año.

El diseño experimental consistió en 4 bloques aleatorios con los 4 tratamientos. En cada una de las 16 unidades experimentales se establecieron microparcelas abiertas de tipo Gerlach (2 x 0.5 m) situadas en el centro de las calles del olivar seleccionadas, y con un canalón de PVC enterrado para recoger la escorrentía.

Se realizaron simulaciones de escorrentía utilizando el dispositivo y la metodología descritas en García-Díaz et al. (2017), a un caudal de 180 l h<sup>-1</sup> y durante 20 minutos. Se recogieron y tomaron nota del volumen de escorrentía cada 2 minutos. Estas simulaciones se llevaron a cabo en cada una de las unidades experimentales en abril de 2018, con el suelo húmedo, y a finales de mayo, con el suelo seco.

Los ensayos para la determinación de la velocidad de infiltración se realizaron usando anillos simples (diámetro de 12,5 cm) anotando el tiempo necesario para que se infiltre una altura de agua de 25 mm y repitiéndolo 10 veces en cada ensayo. Se tomó como velocidad de infiltración el valor estabilizado. Se llevó a cabo un ensayo de infiltración por cada unidad experimental.

La pendiente se midió mediante un inclinómetro digital tomando 10 medidas a lo largo de cada microparcela. La cobertura vegetal se midió antes de cada campaña de muestreo en 3 zonas a lo largo de cada microparcela, mediante el análisis visual en cuadrats de 25 x 25 cm<sup>2</sup> con 6 observadores entrenados. El mismo día de los ensayos de escorrentía se tomaron muestras compuestas de suelo 0-5 cm para determinar el porcentaje de humedad del suelo. La resistencia a la penetración se midió utilizando un penetrómetro Eijkelkamp® con 9 repeticiones por unidad experimental tomando el dato de medio de las profundidades 0-15 cm.

Para el análisis de los resultados se realizó un modelo lineal mixto introduciendo el manejo del suelo y el muestreo como factores independientes fijos, la pendiente, la cobertura vegetal y la humedad del suelo como covariables y se alternó la parcela y el bloque para estudiar su efecto como factor aleatorio. El nivel de significación se fijó en el 95 %. Estos análisis fueron realizados con R software (2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se llevó a cabo el análisis de las correlaciones entre las variables cuantitativas del estudio separando los dos muestreos (**Figs. 1 y 2**). En general las correlaciones fueron muy bajas y solo fue significativa en el caso de la pendiente y la humedad del suelo (**Fig. 2**) lo cual puede ser achacado a un posible efecto bloque teniendo en cuenta que el olivar abarca una extensión importante (3 ha) y se dan distintas orientaciones y pequeñas diferencias texturales en el suelo. Por otro lado, no se encontraron algunas correlaciones esperables: ni de la escorrentía ni de la infiltración con parámetros tales como el porcentaje de cubierta vegetal y la pendiente, parámetros que se mostraron determinantes en otros estudios de simulaciones de

escorrentía y ensayos de infiltración en campo (García-Díaz et al., 2017; Ruiz-Colmenero et al., 2011 y 2013).

Para el análisis estadístico de la escorrentía se creó un modelo tal como está descrito en la sección material y métodos descartándose el bloque como factor aleatorio dado su nulo peso en los resultados tras la realización de análisis previos. En primer lugar, se obtuvo un  $R^2_m$  (varianza explicada por los factores fijos) de 0.35 y un  $R^2_c$  (varianza total explicada por el modelo) de 0.37. De esta forma se demuestra que la mayor parte de la varianza es explicada por los factores fijos y que la influencia de la parcela en el modelo ( $R^2=0.02$ ) es muy pequeña. Los resultados del ANOVA fueron significativos para el tratamiento y para la interacción tratamiento\*muestreo, como se puede ver en la Figura 3. La escorrentía generada fue más alta en condiciones de suelo seco en las tres cubiertas vegetales (siendo este aumento superior en las dos cubiertas permanentes) que con el suelo húmedo. Sin embargo, ocurrió lo contrario en el caso del laboreo convencional. Esta circunstancia está relacionada con el hecho de que las parcelas de laboreo, siguiendo el manejo convencional, se encontraban recién labradas en el muestreo de mayo, de modo que la rugosidad era máxima impidiéndose así el avance de la lámina de agua de la escorrentía. Lo anterior conduce a pensar que, tras la primera lluvia, los suelos recién labrados (muy rugosos) generaron muy poca escorrentía, pero que, cuando un suelo manejado con laboreo convencional lleva varios meses sin ser labrado se convierte en el manejo de suelo con mayor porcentaje de escorrentía no solo en esas condiciones sino conjuntamente en todo el estudio, como se puede ver en la **Figura 3**.

El modelo generado para estudiar la velocidad de infiltración dio como resultado un  $R^2_c$  muy bajo, de 0.12, de forma que se explica un escaso porcentaje de la varianza total. En este caso, la parcela como factor aleatorio no aportó nada al modelo, lo que destaca la robustez del diseño experimental empleado. Ningún parámetro mostró significación estadística al 95 % después de analizar tanto los resultados del ANOVA como el informe de los efectos de los factores fijos y aleatorios. Sí que puede apuntarse, en cambio, la tendencia de que para todos los tratamientos (**Fig. 4**), la media fue superior en abril respecto a mayo, lo cual podría justificar en parte por qué todos los tratamientos (a excepción del laboreo) registraron mayores porcentajes de escorrentía en mayo. La hidrofobidad generada por los restos vegetales podría ser una de las principales razones para explicar el aumento de la escorrentía en condiciones

de mayor sequedad por lo cual se tendrá en cuenta para futuros estudios.

Debido a los problemas de degradación de suelos, principalmente a causa de la erosión y al laboreo continuado, el funcionamiento hidrológico de los suelos ha sido uno de los principales temas en la bibliografía científica en los últimos años. Sin embargo, aún quedan incertidumbres que resolver, y la elevada dependencia de estos procesos de las condiciones específicas del lugar lo hacen aún más difícil. La mayor parte de los estudios científicos que pueden encontrarse en la bibliografía han demostrado la efectividad de las cubiertas vegetales para reducir la erosión (Sastre et al., 2017 y la generación de escorrentía en todo tipo de cultivos leñosos (Gomez et al., 2009; Palese et al., 2014). Sin embargo, como se demuestra en este experimento, los resultados no solo son muy específicos del lugar y el tipo de suelo donde se producen, sino que además son cambiantes en el mismo lugar a lo largo del año. En este aspecto se destaca la escasa influencia de la humedad del suelo, siendo el efecto "Muestreo" achacable casi al 100 % al manejo previo (laboreo reciente o no y cubierta segada o no). En este caso, se ha presentado un olivar en suelo yesífero, con alta tendencia al encostramiento y tras 4 años de manejo con 4 alternativas diferentes. La pendiente y la cobertura vegetal, introducidas como covariables, han tenido un bajo peso explicativo para la escorrentía y la infiltración. Por tanto, son necesarios más ensayos en diferentes épocas del año que expliquen el funcionamiento de la hidrología del suelo con diferentes manejos para poder hacer recomendaciones a favor de la sostenibilidad a largo plazo de los olivares en la Cuenca Mediterránea.

## CONCLUSIONES

Las cubiertas vegetales son una alternativa viable para reducir la generación de escorrentía y aumentar el agua infiltrada en los suelos de olivar. Sin embargo, los resultados son altamente dependientes del manejo previo y de la época del año. En este estudio se ha visto que tras la realización de una operación de laboreo, la escorrentía se redujo drásticamente y fue inferior a la generada con cubiertas vegetales. Sin embargo, tras la concurrencia de lluvias, el encostramiento y sellado que tiene lugar bajo un manejo convencional da lugar a elevadas cantidades de escorrentía, siendo estas, superiores a las generadas con cubiertas vegetales.

## AGRADECIMIENTOS

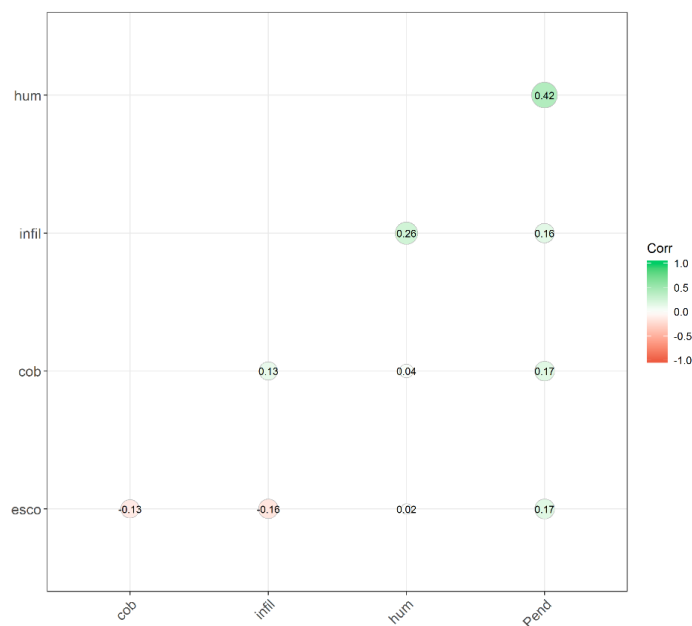
A todos los estudiantes de prácticas y técnicos de campo que han colaborado en los ensayos de campo. Este trabajo ha sido realizado gracias a la

financiación del proyecto AGRISOST II, financiado por la Comunidad de Madrid y European Structural and Investment Funds.

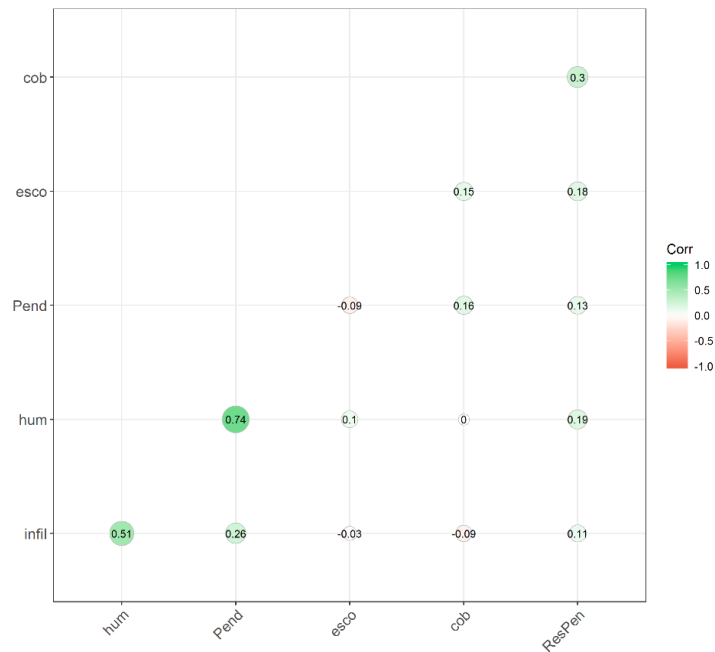
## BIBLIOGRAFÍA

- Balesdent, J., Chenu, C., Balabane, M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage Res.* 53:215–230. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00107-5).
- Breton C, Terral J, Pinatel C, Médail F, Bonhomme F & Bervillé A (2009) The origins of the domestication of the olive tree. *Comptes Rendus Biologies*, 332(12): 1059-1064. doi: 10.1016/j.crvi.2009.08.001.
- Cerdà A, González-Pelayo O, Giménez-Morera A, Jordán A, Pereira P, Novara A, Brevik EC, Prosdocimi M, Mahmoodabadi M, Keesstra S, García Orenes F, Ritsema CJ (2016) Use of barley straw residues to avoid high erosion and runoff rates on persimmon plantations in Eastern Spain under low frequency–high magnitude simulated rainfall events. *Soil Research* 54, 154–165.
- FAOSTAT, 2015. *Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAOSTAT Database*. Disponible en: <http://faostat3.fao.org>.
- García-Díaz, A., Bienes, R., Sastre, B., Novara, A., Gristina, L., Cerdà, A., 2017. Nitrogen losses in vineyards under different types of soil groundcover. A field runoff simulator approach in central . *Agric. Ecosyst. Environ.* 236:256–267. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.013>.
- García-Díaz, A., Marqués, M.J., Sastre, B., Bienes, R., 2018. Labile and stable soil organic carbon and physical improvements using groundcovers in vineyards from central Spain. *Sci. Total Environ.* 621, 387–397.
- Gomez J.A., Sobrinho T.A., Giráldez J.V. & Fereres E., .2009. Soil Management Effects on Runoff, Erosion and Soil Properties in an Olive Grove of Southern Spain. *Soil and Tillage Research*, 102(1):5-13.
- Novara, A., Gristina, L., Guaitoli, F., Santoro, A., Cerdà, A., 2013. Managing soil nitrate with cover crops and buffer strips in Sicilian vineyards. *Solid Earth* 4 (2), 255– 262. doi:<http://dx.doi.org/10.5194/se-4-255-2013>.
- Palese AM, Vignozzi N, Celano G, Agnelli AE, Pagliai M, Xiloyannis C (2014) Influence of soil management on soil physical characteristics and water storage in a mature rainfed olive orchard. *Soil Tillage Res* 144:96-109. doi: 10.1016/j.still.2014.07.010.
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Rodrigo-Comino, J.; Keesstra, S.; Cerdà, A. Soil Erosion as an Environmental Concern in Vineyards: The Case Study of Celler del Roure, Eastern Spain, by Means of Rainfall Simulation Experiments. *Beverages*. 2018, 4, 31.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Marques, M.J., 2011. Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil Tillage Res.* 117:211–223. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.004>.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D.J., Marques, M.J., 2013. Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. *Catena* 104:153–160. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.007>.
- Sastre, B., Barbero-Sierra, C., Bienes, R., Marques, M. J., & García-Díaz, A. 2017. Soil loss in an olive grove in Central Spain under cover crops and tillage treatments, and farmer perceptions. *Journal of soils and sediments*, 17(3), 873-888.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

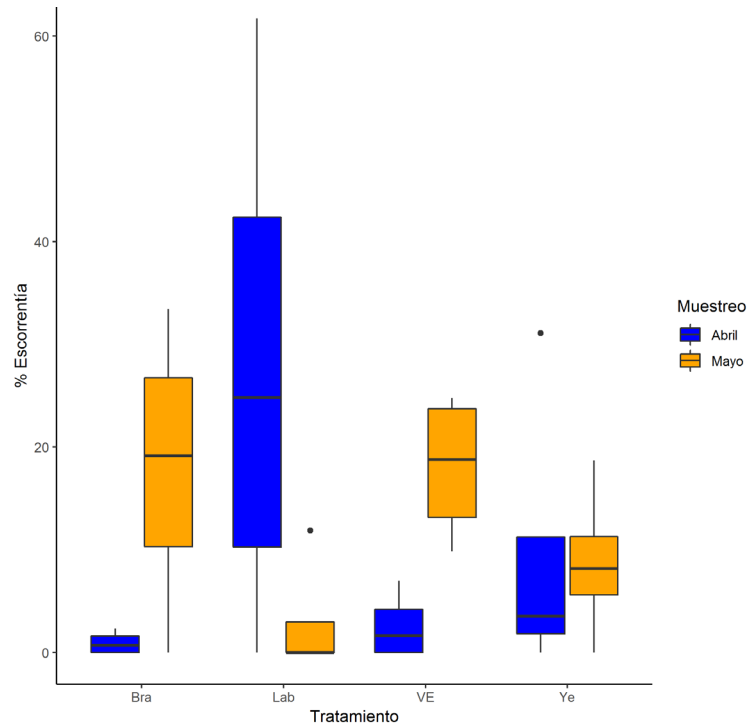
---



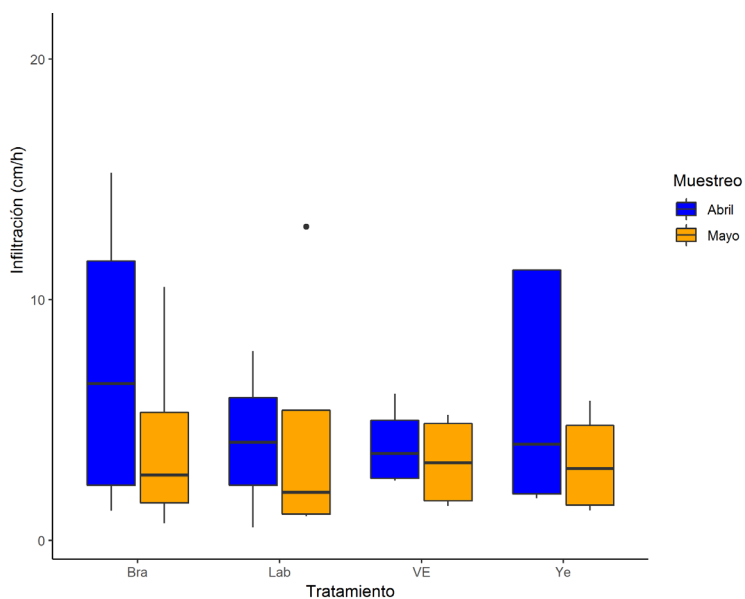
**Figura 1.** Coeficientes de la correlación entre las variables cuantitativas en el muestreo de abril (húmedo). Porcentaje de humedad del suelo (hum), velocidad de infiltración (infil), porcentaje de cobertura vegetal (cob), porcentaje de escorrentía generada (esco), porcentaje de pendiente (Pend).



**Figura 2.** Coeficientes de la correlación entre las variables cuantitativas en el muestreo de mayo (seco). Porcentaje de humedad del suelo (hum), velocidad de infiltración (infil), porcentaje de cobertura vegetal (cob), porcentaje de escorrentía generada (esco), porcentaje de pendiente (Pend).



**Figura 3.** Diagrama boxplot del porcentaje de escorrentía para los tratamientos estudiados y en los dos muestreos: abril (suelo húmedo) y mayo (suelo seco y recién labrado). Los tratamientos fueron: cubierta vegetal sembrada permanente de *Brachypodium distachyon* (Bra), laboreo convencional (Lab), cubierta vegetal espontánea permanente (VE) y cubierta vegetal de yeros (Ye).



**Figura 4.** Diagrama boxplot de la velocidad de infiltración para los tratamientos estudiados y en los dos muestreos: abril (suelo húmedo) y mayo (suelo seco). Los tratamientos fueron: cubierta vegetal sembrada permanente de *Brachypodium distachyon* (Bra), laboreo convencional (Lab), cubierta vegetal espontánea permanente (VE) y cubierta vegetal de yerros (Ye).