



Impacto de *Bulnesia retama* (Zigofilácea) sobre la tasa de infiltración en un sitio piloto ubicado en la zona sur de la cuenca del Bermejo, San Juan (Argentina)

Impact of Bulnesia retama (Zigofilácea) on the infiltration rate in a pilot site located in the southern area of the Bermejo basin, San Juan (Argentina)

RAUL TAPIA^{1, 2, 3} Y MARIANA MARTINELLI^{2, 3}

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

²INTA-EEA San Juan

³Universidad Nacional de San Juan

<tapia.esteban@inta.gov.ar, tapiaraul7@gmail.com>

RESUMEN

Se estudió la influencia de *Bulnesia retama* sobre la velocidad de infiltración en un sitio piloto de la cuenca del Bermejo (San Juan). La infiltración está relacionada con el escurrimiento superficial y es afectada por la textura y estructura del suelo, el contenido de materia orgánica, la humedad inicial y la cobertura vegetal. Los datos de campo fueron tomados por unidades homogéneas definidas sobre la base del procesamiento digital de un modelo de elevación, mapeo participativo e interpretación visual de una imagen satelital. Se realizaron cinco transectas lineales de 50 m, midiendo cobertura con la técnica de intersección por línea. Los ensayos de infiltración fueron realizados dentro y fuera de la canopia, con infiltrómetro de anillo simple (21 cm de diámetro) y carga variable. Los datos se ajustaron en función del diámetro del infiltrómetro. Se tomaron muestras de suelo determinando: contenido de materia orgánica, textura, nitrógeno total, conductividad y pH. La cobertura promedio de *B. retama* fue de 34%, la de suelo desnudo, de 53,2%. La velocidad de infiltración fue mayor debajo de la canopia de *B. retama* en comparación con suelo desnudo. Los resultados sugieren que la presencia de *B. retama* favorece la velocidad de infiltración en el suelo.

ABSTRACT

The influence of Bulnesia retama was studied on the infiltration rate in a pilot site of the Bermejo basin (San Juan). Infiltration is related to surface runoff. It is affected by the texture and structure of the soil, the content of organic matter, the initial humidity and the vegetation cover. The field data were taken by homogeneous units defined on the basis of the digital processing of an elevation model, participatory mapping and satellite image visual interpretation. Five linear transects of 50 m were made, measuring coverage with the line intersection technique. Infiltration tests were performed inside and outside the canopy, with a single-ring infiltrometer (21 cm diameter) and

variable loading. The data were adjusted according to the diameter of the infiltrometer. Soil samples were taken determining: content of organic matter, texture, total nitrogen, conductivity and pH. The average coverage of B. retama was 34%, that of bare soil, of 53.2%. The infiltration rate was higher under the canopy of B. retama compared to bare soil. The results suggest that the presence of B. retama favors the infiltration rate in the soil.

Palabras clave: *Bulnesia retama*, infiltración, bosque nativo, Monte

Key words: *Bulnesia retama*, infiltration, native forest, Monte

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por que la evapotranspiración potencial supera la precipitación media anual. Esto configura un contexto en el que la diversidad y productividad de los ecosistemas que allí se encuentran dependen, por un lado, de la multiplicidad de interacciones y, por otro, de las condiciones impuestas por el ambiente (Villa-gra et al., 2011).

En el caso particular de la interacción agua-vegetación en las zonas áridas, diversos autores (Noy-Meir, 1973; Andréassian, 2004; Austin et al., 2004; Brown et al., 2005; Magliano et al., 2016) ponen de manifiesto que el funcionamiento de los ecosistemas secos depende de la fracción de precipitación que puede ser absorbida por el suelo y aprovechada por la vegetación. Los trabajos de Schwinning et al. (2004) y Schlesinger & Jasechko (2014) establecen que en las zonas áridas y semiáridas el 95% de las precipitaciones vuelve a la atmósfera en forma de evapotranspiración. Magliano et al. (2017) ponen de manifiesto que además del dosel vegetal, la hojarasca ayuda a reducir la tasa de evaporación del agua contenida en el suelo.

Uno de los procesos involucrados en el balance hídrico de los sistemas naturales es la infiltración. Jiménez et al. (2006) y

Zapata-Sierra et al. (2008), entre otros, estudiaron la relación entre la vegetación y la tasa de infiltración. La vegetación modifica la infiltración de diferentes maneras: por un lado el dosel vegetal intercepta parte de la precipitación, reduce la velocidad de caída e incrementa la proporción de agua infiltrada en relación con la caída (Zapata Sierra et al., 2008); por otro lado, las raíces favorecen la formación de macroporos, con lo cual se promueve el aumento de la porosidad total del suelo (Archer et al., 2002). Este incremento resulta importante ya que promueve la salida del aire atrapado en el suelo y favorece la circulación del agua y el drenaje hacia horizontes inferiores. (Jarrett & Hoover, 1985).

Así como la fisonomía, la cobertura vegetal influye en el proceso de la infiltración, el suelo que es despojado de la cobertura vegetal experimenta diversos grados de compactación que reducen su estabilidad estructural. Esto último genera efectos adversos sobre densidad aparente y porosidad total, reduciendo las tasas de infiltración e incrementando la escorrentía superficial (Hillel, 1982; Abdel-Magid et al., 1987; Tollner et al., 1990; Oussible et al., 1992; Tejwani, 1993; Håkansson & Reeder 1994; Broersma et al., 1995; Ishaq et al., 2003; Desoky, 2011).

En el caso particular de *Bulnesia retama*, es una especie de amplia distri-

bución que abarca aproximadamente 6.400.000 ha (Tinto & Pardo, 1957). Si bien son numerosos y variados los estudios realizados sobre esta especie vegetal, pocos fueron orientados a conocer la relación entre *Bulnesia retama* y la tasa de infiltración en el Monte. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto de *Bulnesia retama* sobre la tasa de infiltración en un sitio piloto de la zona sur de la cuenca del Bermejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se encuentra ubicada en el departamento Caucete, entre los paralelos 31°12'59.64" (S), 67°47'11.86"(O) y 31°12'26.47", 67°31'45.01"(O) (**Figura 1**).

Desde el punto de vista fitogeográfico, pertenece a la provincia del Monte (Cabrera, 1994; Morello, 1958). Las precipitaciones son estivales y entre 85 y 100 milímetros anuales (Poblete & Mi-

netti, 1999). En cuanto a la vegetación, se caracteriza por presentar dos fisonomías principales: la estepa arbustiva, con *Larrea divaricata* y *cuneifolia*, *Atriplex* div. sp., y el bosque abierto.

Diseño del muestreo

Sobre la base de los niveles de información generados con la cartografía preexistente y el conocimiento de la zona (Martinelli et al., 2017; Tapia, 2013), se definió la unidad vegetal denominada Retamal. El mismo se localiza en el extremo norte y se desarrolla en un sustrato dominado por sedimentos, del Cuaternario, de textura fina y elevado tenor salino característico de la unidad geomorfológica planicie aluvial. Además, se realizó el procesamiento de un modelo digital de elevación (MDE). Se trabajó con el modelo SRTM de 30 m de resolución, de libre acceso (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) y el software GRASS vinculado a Qgis versión 2.18.15.

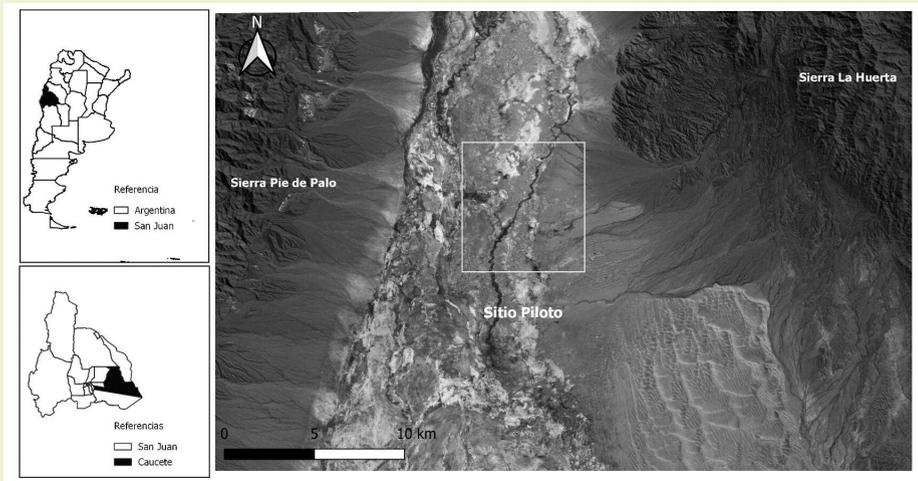


Figura 1. Área de estudio
Figure 1. Study área

La cobertura de *Bulnesia retama* y de suelo desnudo fue determinada mediante la técnica de intersección de línea (Canfield, 1941; Cuello et al., 1991). Se realizaron 5 transectas lineales de 50 m de longitud cada una. El número de transectas se calculó a partir de lo propuesto por Mostacedo et al. (2000), mientras que para la longitud de las mismas se tuvo en cuenta el trabajo de Maldonado et al. (2004). Las transectas siguieron diferentes direcciones (norte-sur, este-oeste, noreste-sudeste) para contemplar la variación natural en la topografía del terreno.

Se realizaron 10 (n=10) ensayos de infiltración. En cada una de las condiciones de superficie definidas (suelo desnudo y suelo bajo canopia de *B. retama*) se realizaron 5 repeticiones (n=5). Se empleó un infiltómetro de anillo simple, de 21 cm de diámetro y carga variable según lo propuesto por Godagnone et al. (2012). La velocidad media de infiltración (VIM) se obtuvo mediante la expresión matemática propuesta por Porta et al. (1994). El muestreo se realizó en febrero de 2017 considerando la fenología de la especie y la estación de lluvias. Por otro lado, la fecha de muestreo estuvo precedida por un periodo de más de treinta días sin precipitación con lo cual se aseguró un bajo nivel de humedad volumétrica en el suelo. Cada ensayo se realizó a 20 cm del fuste principal de *B. retama*.

Los datos fueron procesados según lo establece Banco Sepulveda (1999) y se calculó: varianza, coeficiente de Variación y límites de confianza

Se tomaron muestras de suelo para contemplar el efecto de las propiedades físicas del mismo sobre la infiltración. Las muestras fueron tomadas debajo y fuera de la canopia de *Bulnesia retama* a

dos profundidades: 0 a 30 cm y de 30 a 50 cm. En laboratorio se determinó textura (volumen de sedimentación) pH (peachímetro) y composición granulométrica por tamizado con la norma ASTM D-422. Se construyeron las curvas de infiltración para *Bulnesia retama* y suelo desnudo. Para observar las diferencias entre la infiltración dentro y fuera de copa, se calcularon con el programa R las funciones que mejor ajustaron a las curvas calculadas con los datos de campo.

Se aplicó un análisis de varianza de una vía para determinar el efecto de *Bulnesia retama* y suelo desnudo sobre la VIM. Se realizó una prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey (Zar, 1999) para determinar las diferencias entre las dos condiciones de superficie consideradas.

RESULTADOS

Los datos de cobertura vegetal muestran que en todas las transectas analizadas dominó el suelo desnudo con un valor promedio de 53,2%. En cuanto a la cobertura de *B. retama*, los datos indican que el máximo valor (44%) se registró en la transecta *e* (**Figura 2**).

La **Figura 3**, muestra la velocidad de infiltración media obtenida en suelo desnudo y bajo la canopia de *Bulnesia retama*. Se encontró que la mayor velocidad de infiltración media (VIM) fue de $1,56 \pm (e.e.) 0,4 \text{ ml.cm}^2.\text{min}^{-1}$ y se registró en el suelo debajo de la canopia de *B. retama*. Por otro lado en el suelo desnudo, se registró una VIM de $1,20 \pm 0,2 \text{ ml.cm}^2.\text{min}^{-1}$.

En la **Figura 4** (a) se muestran las curvas de infiltración obtenidas para *B. retama* y suelo desnudo. Las curvas muestran un descenso al inicio hasta

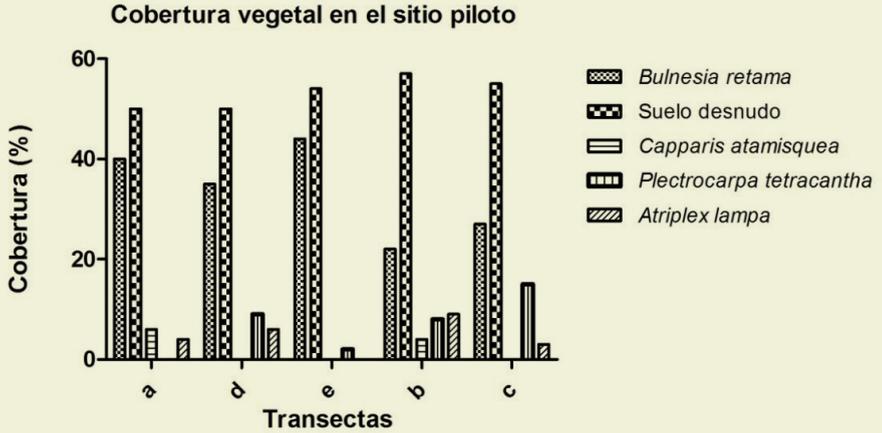


Figura 2. Porcentajes de cobertura registrados en la unidad vegetal Retamal
Figure 2. Percentages of coverage registered in the plant unit Retamal

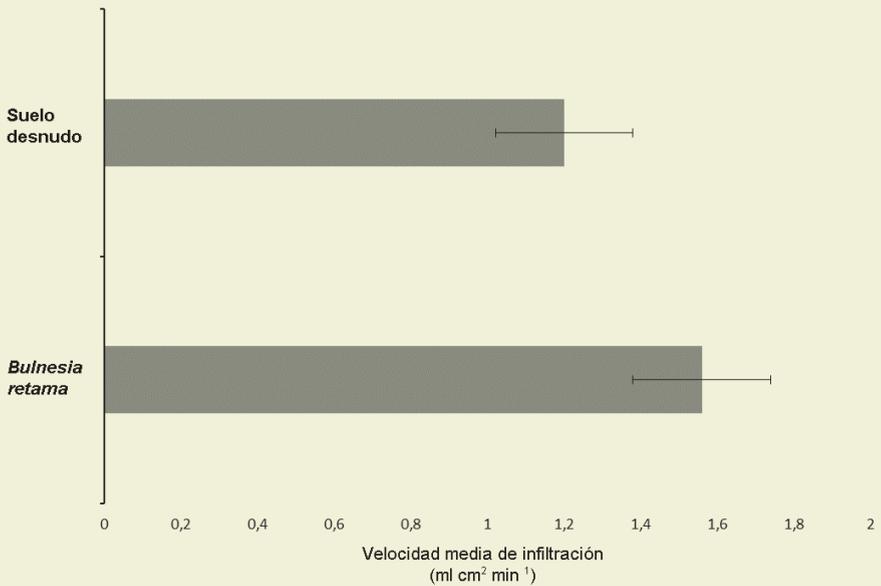


Figura 3. Velocidad media de infiltración en suelo desnudo y *Bulnesia retama*
*Figure 3. Average infiltration rate in bare soil and *Bulnesia retama**

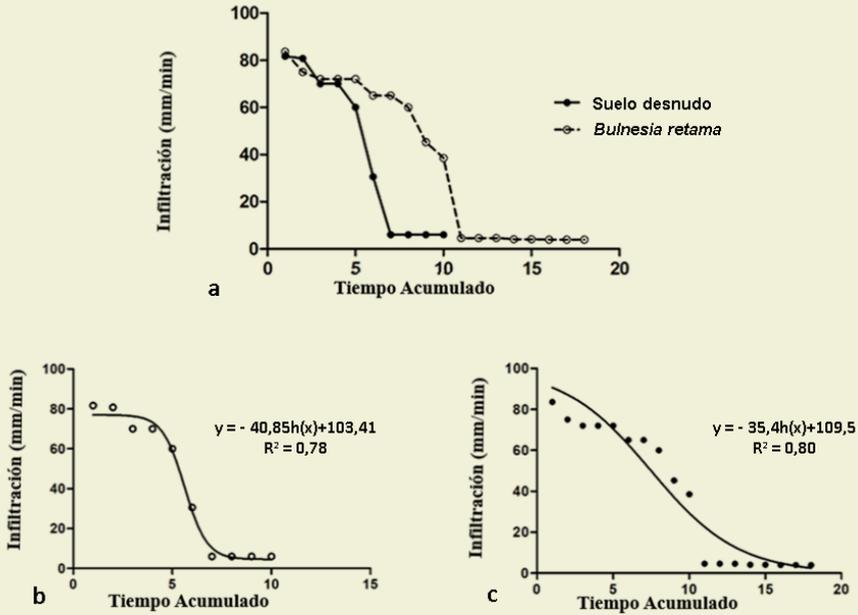


Figura 4. Curvas de infiltración para *B. retama* y suelo desnudo (a) y ajuste matemático para suelo desnudo (b) y *B. retama* (c)
Figure 4. Infiltration curves for *B. retama* and bare soil (a) and mathematical adjustment for bare soil (b) and *B. retama* (c)

alcanzar la infiltración base: *B. retama* requiere 18 minutos para alcanzar este estado, mientras que en suelo desnudo se alcanza con un tiempo de 10 minutos. Realizando el ajuste matemático para las curvas de infiltración obtenidas (Figura 4 b y c), se observa que ambas curvas, se ajustan a una función logarítmica con un $R^2 = 0,80$ para *Bulnesia retama* y $0,78$ para suelo desnudo. El análisis de la varianza mostró que *Bulnesia retama* afecta de forma significativa la velocidad de infiltración ($P < 0,0010$)

En la **Tabla 1**, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la textura. Para ambos sitios muestreados, la textura del suelo fue franco limoso. La

Tabla 2 y **Figura 5** muestran los resultados del análisis granulométrico. Se observa una composición granulométrica similar en los dos casos, en la que predominan las partículas pequeñas cuyo diámetro alcanzó 0,1 mm en el 85% de la muestra.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos muestran diferencias en la velocidad de infiltración media dentro y fuera de copa de *B. retama*, siendo mayor en el suelo debajo de la canopia de esta especie. El tiempo requerido para alcanzar la infiltración base fue mayor en *B. retama* en comparación con

Tabla 1. Características del suelo debajo del canopeo de *B. retama* y suelo desnudo
Table 1. Characteristics of the soil below the canopy of B. retama and bare soil

| Parcela | pH | VS (2) (ml%g) | Textura (por VS) |
|---------------|-----|------------------|---------------------|
| Bajo Canopia | 8.7 | 92 | Franco limoso |
| Suelo Desnudo | 8 | 90 | Franco limoso |

Tabla 2. Porcentajes de partículas determinadas para el suelo en las dos condiciones de superficies consideradas
Table 2. Percentages of particles determined for the soil in the two surface conditions considered

| Diámetro(mm) | <i>B. retama</i> (%) | S. desnudo (%) |
|--------------|----------------------|----------------|
| 1 | 15 | 12 |
| 0.1 | 85 | 88 |
| 0.01 | 0 | 0 |

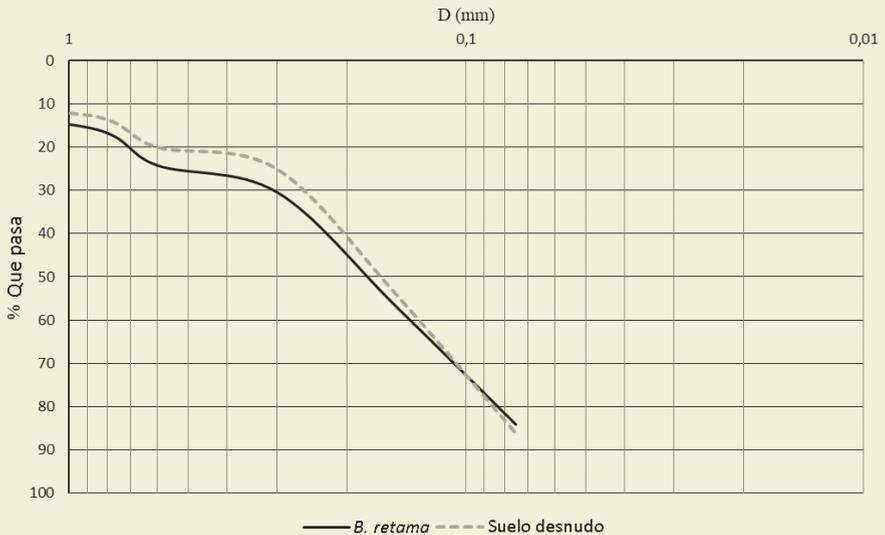


Figura 5. Curva granulométrica para el suelo de debajo del canopeo de *B. retama* y suelo desnudo

Figure 5. Granulometric curve for the soil of the canopy of B. retama and bare soil

suelo desnudo. *Bulnesia retama* alcanza una cobertura promedio, para el sitio piloto, del 34,8%. El suelo desnudo contiene 75% menos de materia orgánica y 50% menos de nitrógeno total respecto del suelo debajo de *B. retama*.

DISCUSIÓN

En los ecosistemas desérticos la vegetación se distribuye en parches con alta cobertura vegetal, dispersos en una matriz de suelo con baja, muy baja o nula cobertura; estos parches de vegetación funcionan como islas de fertilidad en los cuales las condiciones de humedad, concentración de nutrientes y temperatura son más favorables en comparación con los interparches (Schlesinger & Pilmanis, 1998; Aguiar & Sala, 1999; Hmerlynck et al., 2002; Abril et al., 2009; González-Polo & Austin, 2009). En este sentido, si se considera al parche como unidad funcional y diferencial de estos ambientes, se debe destacar el rol de la vegetación en la dinámica hídrica del sistema, siendo la infiltración uno de los parámetros de dicha dinámica. Archer et al. (2002) y Johnson & Gordon (1988) reportaron que la velocidad de infiltración bajo arbustos es superior a la medida sobre cubierta herbácea o en suelo desnudo. Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado por Archer et al. (2002). Los resultados encontrados ponen de manifiesto el efecto positivo que tiene *B. retama* sobre la tasa de infiltración. En ese sentido los resultados coinciden con lo planteado por Bosch & Hewlett (1982), Whitehead & Robinson (1993), Arcova et al. (1998), Ranzini et al. (2004), Cicco et al. (2007) y García Hernandez et al. (2007) quienes ponen de relieve la importancia de la vegetación

como elemento que influye en el balance hídrico de las cuencas.

AGRADECIMIENTOS

A la Sociedad de Biología de Cuyo por la mención especial otorgada al presente trabajo durante su XXXV Reunión Científica Anual realizada en la localidad de Merlo San Luis.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL, A., P. VILLAGRA & L. NOE, 2009. Spatio-temporal heterogeneity of soil fertility in the Central Monte desert (Argentina). *J. Arid Environ* 73: 901-906.
- ABDEL-MAGID, A., G. SCHUMAN & R. HART, 1987. Soil bulk density and water infiltration as affected by grazing systems *Journal of Range Management*: 307-309.
- AGUIAR, M. & O. SALA, 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Tree* 4: 273-277.
- ANDREASSIAN, V., 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology* 291: 1-27.
- ARCHER, N., J. QUINTON & T. HESS, 2002. Below-ground relationships of soil texture, roots and hydraulic conductivity in two-phase mosaic vegetation in Southeast Spain. *J. Arid Environ.* 52(4): 535-553.
- ARCOVA, F., W. LIMA & V. CICCO, 1998. Balanco hídrico de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo. *Rev. Inst. Florest.* 10: 39-51.
- AUSTIN, A., L. YAHDJIAN., J. STARK., J. BELNAP, A. PORPORATO., U. NORTON., D. RAVETTA & S. SCHAEFFER, 2004. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia* 141: 221-235.
- BLANCO SEPULVEDA, R., 1999. El infiltrómetro de cilindro simple como método de cálculo de la conductividad hidráulica

- ca de los suelos. Experiencias de campo en ámbitos de montaña mediterránea. *Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia* 21: 9-33. <https://scinapse.io/papers/41127676>.
- BOSCH, J. & T. HEWLET, 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* 55: 3-23.
- BROWN, A., L. ZHANG., T. MCMAHON., A. WESTERN & R. VERTESSY, 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology* 310: 28-61.
- BROERSMA, K., J. ROBERTSON & D. CHANASYK, 1995. Effects of different cropping systems on soil water properties of a Boralf soil. *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 26 (11-12): 1795-1811.
- CABRERA, A.L., 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo 1. Primera reimpression.* Editorial ACME. Bs. As.
- CANFIELD, R., 1941 Application of the line-intercept method in sampling range vegetation. *Forestry* 39: 388-396.
- CICCO, V., F. ARCOVA., M. RANZINI., J.A. SANTOS, & M. FORTI, 2007. Recursos hídricos na Mata Atlântica: estudo de caso do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha-SP. In: *Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, Taubaté. Anais. Taubaté: IPABHI: 25-1 (1 CD).*
- CUELLO, N., T. KILLEEN & C. ANTEZANA, 1991. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. En: Miranda C., D. Restrepo & E. Castellano (Eds.). *Memoria del Curso de Vegetación y Ecología Tropical con un énfasis en los métodos.*
- DESOKY, M., 2011. Impact of land-use and land-management on the water infiltration capacity of soils on a catchment scale. *Doktors der Naturwissenschaften, Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina.*
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., A. GARCÍA-HERNÁNDEZ., I. CASTELLANOS-VARGAS., Z. CANO-SANTANA & C. PELÁEZ-ROCHA, 2007. Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana* 26: 21-27.
- GODAGNONE, R., C. IRURTIA., R. HOLZMANN & M. CUENCA, 2012. Pérdidas de agua por flujo lateral en un infiltrómetro de anillo simple. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- GONZÁLEZ-POLO, M. & A. AUSTIN, 2009. Spatial heterogeneity provides organic matter refuges for soil microbial activity in the Patagonian steppe, Argentina. *Soil Biol. & Biochem.* 41: 1348-1351.
- HÅKANSSON, I. & R. REEDER, 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. *Soil and Tillage Research* 29 (2): 277-304.
- HILLEL, D., 1982. *Introduction to soil physics*, Academic press New York.
- HMERLYNCK, E., J. MCAULIFFE., E. MCDONALD & S. SMITH, 2002. Ecological responses of two Mojave desert shrubs to soil horizon development and soil water dynamics. *Ecology* 83 (3): 768-779.
- ISHAQ, M., M. IBRAHIM, & R. LAL, 2003. Persistence of subsoil compaction effects on soil properties and growth of wheat and cotton in Pakistan. *Experimental Agriculture* 39 (04): 341-348.
- JARRETT, A., R. HOOVER, 1985. Evaluating the effect of increasing concentrations of CO₂ on infiltration rate. *Trans. ASAE.* 28: 179-182.
- JIMÉNEZ, C., M. TEJEDO., G. MORILLAS & V. NERIS, 2006. Infiltration rate in andosols: Effect of change in vegetation cover. *Journal of Soil and Water Conservation* 61 (3): 153-158.

- JOHNSON, C & N. GORDON, 1988. Runoff and erosion from rainfall simulator plots on sagebrush rangeland. *Trans. ASAE* 31: 421-427.
- MAGLIANO, P., R. FERNANDEZ., R. GIMENEZ., V. MARCHESINI., R. PAEZ & E. JOBBAGY, 2016. Cambios en la partición de flujos de agua en el Chaco Árido al reemplazar bosques por pasturas. *Ecología Austral* 20: 95-106.
- MAGLIANO, P., R. GIMÉNEZ., J. HOUSPANOSSIAN., R. PÁEZ., M. NOSETTO., R. FERNÁNDEZ & E. JOBBÁGY, 2017. Litter is more effective than forest canopy reducing soil evaporation in Dry Chaco rangelands. *Ecohydrology* DOI: 10.1002/eco.1879
- MALDONADO, F., V. CARVALHO., C. DE SOUSA., M. MARTINELLI., O. PINHEIRO JUNIOR & F. FERNANDES DO SANTOS, 2004. Determinación de la longitud de transecta para el relevamiento fisonómico estructural del semiárido para suministrar datos a las técnicas de percepción remota orbital. *Multequina* 13: 1-14.
- MARTINELLI, M. & I. SLABUZTKY, 2017. Mapeo participativo del monte en el área del proyecto. En: Martinelli M. & M. Inojosa (Eds.), *Los bosques del Monte: conservación y manejo de los bienes comunes*.
- MORELLO, J., 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2: 5-115.
- MOSTACEDO, B., & T. FREDERICKSEN, 2000. *Manual de método básico de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Editorial El País.
- NOY-MEIR, I., 1973. Desert ecosystems, environment, and producers. *Annual Review of Ecological Systems* 4: 25-32.
- OUSSIBLE, M., R. CROOKSTON & W. LARSON, 1992. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. *Agronomy Journal* 84 (1): 34-38.
- POBLETE, A., & J. MINETTI, 1999. Configuración espacial del clima de San Juan. CD. *Síntesis del Cuaternario de la provincia de San Juan* INGENIO, UNSJ, San Juan, Argentina
- PORTA C., J. LÓPEZ-ACEVEDO & C. ROQUERO, 1994. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. MundiPrensa. Madrid, España.
- RANZINI, M., A. RIGHETTO., P. LIMA., M. GUANDIQUE., F. RCOVA & V. CICCIO, 2004. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. *Sci. For.* 66: 108-119.
- SCHLESINGER, W. & A. PILMANIS, 1998. Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochem.* 42: 169-187.
- SCHLESINGER, W & S. JASECHKO, 2014. Transpiration in the global water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology* 189-190: 115-117.
- SCHWINNING, S., O. SALA., M. LOIK & R. EHLERINGER, 2004. Thresholds, memory, and seasonality: Understanding pulse dynamics in arid/semi-arid ecosystems. *Oecologia* 141: 191-193.
- TEJWANI, K.G., 1993. Water management issues: Population, agriculture and forests - A focus on watershed management. *Hydrology and water management in the humid tropics. Hydrological Research Issues and Strategies for Water Management*: 496-52.
- TAPIA, E.R., 2013. Relevamiento y diagnóstico de los recursos hídricos en la zona sur del valle de Bermejo. Aportes para una propuesta de manejo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan.
- TINTO, J. & L. PARDO, 1957. Ceras vegetales argentinas. Cera de retamo (*Bulnesia retama*). *Revista de Investigaciones Forestales* 1 (1-2): 122.
- TOLLNER, E., G. CALVERT & G. LANGDALE, 1990. Animal trampling effects on soil physical properties of two Southeastern US ultisols. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 33 (1): 75-87.

- VILLAGRA, P., C. GIORDANO., J. ALVAREZ., J. CAVAGNARO., A. GUEVARA., C. SARTOR., C. PASSERA & S. GRECO, 2011. Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. *Ecología Austral* 21: 29-42.
- WHITEHEAD, P. & M. ROBINSON, 1993. Experimental basin studies – An international and historical perspective of forest impact. *J. Hydrol.* 145: 217-230. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90055-E](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(93)90055-E).
- ZAPATA-SIERRA, A. & F. MANZANO-AGUGLIARO, 2008. Influencia de seis especies arbóreas en la infiltración de agua en el suelo. *Agrociencia* 42: 835-845
- ZAR, J. H., 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.

Recibido: 11/2018
Aceptado: 07/2019