

Humedad y almacenamiento de agua en el suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal

Moisture and water storage in the soil of four types of vegetation cover

Luis Alfredo Yaguache Ordóñez^{1,2}

¹ Universidad Nacional de Loja, Ecuador

² Pós-Graduação em Ciência Florestal Universidade Estadual Paulista (UNESP) Sao Paulo, Brasil

Correspondencia: luis.yaguache@unl.edu.ec

Rec.: 18.04.2022 Acept.: 10.05.2022

Publicado el 30 de junio de 2022

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la humedad del suelo en cuatro ambientes: bosque nativo (Cerrado nativo de Mata Atlântica), pastizal, plantación de pino y suelo con cultivo. Para análisis de humedad y contenido de agua en el suelo fue necesario coleccionar mensualmente 20 muestras indeformadas por cada tipo de cobertura, en cinco franjas de profundidad 0-5 cm, 5-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm y de 80-100 cm. El estudio reveló que la franja superficial tiene el menor porcentaje de humedad de todo el perfil del suelo, mientras que el estrato más profundo 80 a 100 cm presentó los mayores valores de humedad. Por otro lado, el suelo con cobertura de Cerrado nativo de Mata Atlântica presentó el mayor porcentaje de humedad y mayor contenido de agua almacenada en el suelo; por lo tanto, se concluye que la franja superficial es la que presenta mayor variabilidad en la humedad del suelo porque se encuentra en la zona evaporable o de mayor exposición a la radiación solar; en consecuencia, conforme aumenta la profundidad mayor será el almacenamiento de agua en el suelo; por otro lado, la cobertura análoga a un bosque primario presenta el mayor porcentaje de humedad y almacenamiento de agua en el suelo.

Palabras clave: *humedad del suelo, almacenamiento de agua, hidrología forestal, microcuenca, São Paulo*

Abstract

The objective of this study was to evaluate soil moisture in four environments: native forest (Cerrado native de Mata Atlântica), pasture, pine plantation and cultivated soil. For analysis of humidity and water content in the soil, it was necessary to collect 20 undeformed samples monthly for each type of cover, in five depth bands 0-5 cm, 5-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm and 80-100 cm. The study revealed that the superficial strip has the lowest moisture percentage of the entire soil profile, while the deepest stratum 80 to 100 cm presented the highest moisture values. On the other hand, the soil covered by the native Cerrado of Mata Atlântica presented the highest percentage of moisture and the highest content of water stored in the soil; therefore, it is concluded that the surface strip is the one that presents the greatest variability in soil moisture because it is located in the evaporable zone or with the greatest exposure to solar radiation; consequently, as the depth increases, the greater the storage of water in the soil; On the other hand, the coverage analogous to a primary forest presents the highest percentage of humidity and water storage in the soil.

Keywords: *soil moisture, water storage, forest hydrology, micro-watershed, São Paulo*

Introducción

La función de infiltración, retención y suministro de agua es una de las potencialidades ecológicas y fundamentales que tiene el suelo (Domingo-Santos et al., 2008), este contenido de agua es expresado como una relación entre la masa de agua contenida en una muestra y su masa seca (Hossne, 2008). La cantidad de agua almacena en el suelo y disponible para las plantas se denomina capacidad de almacenamiento de agua disponible, esta capacidad depende de (i) el número y tamaño de los poros del suelo (textura) y (ii) la profundidad del suelo (Zotarelli et al., 2013).

La medición o estimación del contenido de agua en el suelo en condiciones de campo son difíciles (Fernández, 2008), debido a una serie de factores, siendo uno de los más importantes el comportamiento dinámico de redistribución en el perfil del suelo (Martin, 2017). Este movimiento en busca de equilibrio hace que el agua se desplace en todas las direcciones (Dörner & Dec, 2008): verticalmente para arriba y para abajo y lateralmente hacia la izquierda y derecha, incluso de forma radial, pero siempre en el sentido del estado de mayor potencial hacia el de menor potencial energético (Cunha & Martins, 2009), lo que da como resultado una gran variabilidad espacial y temporal del contenido del agua en el suelo (Rossato, 2002).

El trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar la humedad del suelo en cuatro ambientes (bosque, pastizal, plantación de pino y cultivo de piñón) en la microcuenca del río Pimenta de la Hacienda Experimental São Manuel.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La microcuenca del río Pimenta es parte de la Hacienda Experimental São Manuel, que pertenece a la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Estadual Paulista UNESP, localizada en el municipio

de São Manuel, Estado de São Paulo (Figura 1).

Geográficamente, la microcuenca se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: 22°46'27" a 22°47'09" latitud sur y 48°34'11" a 48°33'32" de longitud Este, con una altitud media de 740 m s.n.m., el clima regional del municipio de São Manuel de acuerdo con la clasificación climática de Köppen es, temperado lluvioso, constantemente húmedo y con verano caliente (Cfa). La temperatura media anual es de 21 °C, siendo la media de la precipitación anual de 1445 mm (Cunha & Martins, 2009).

El suelo del área experimental es un Neosolo Quartzarenico con un relieve suave ondulado (EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997)

El uso y cobertura del suelo en la microcuenca presentan las siguientes características: el área boscosa es un remanente de bosque nativo con suelo de textura arenosa, está conformada por 29 ha de bosque y 17.7 ha de mata ciliar, la estructura del área se presenta en la Figura 2a, en esta cobertura no hay señales de perturbación de los suelos con actividad agrícola o pecuaria, pudiendo así encontrar una estructura original y característica de los suelos con Cerrado nativo de Mata Atlántica.

El área de pastizal está conformada por un pasto degradado da especie *Brachiaria decumbens* plantado hace más de 20 años que está siendo utilizado para pastorear ganado bovino, Esta área es la más grande de la microcuenca con 105.5 ha, un punto característico en ésta área son las terrazas realizadas como parte del manejo y conservación de suelos en todas las áreas con pendientes mayores al 12 %, con el objetivo de disminuir el impacto da la erosión laminar y en surcos causada por la lluvia y además son importantes para promover la infiltración de agua en el suelo, el área de pastizal se presenta en la Figura 2b.

El tercer estrato es un suelo con plantación de *Pinus* sp, que ha sido plantado hace más de 20 años, de acuerdo con el mapa de uso y cobertura del suelo



Figura 1. Localización de la microcuenca Pimenta en el Municipio de São Manuel, Estado São Paulo.

de la microcuencia tiene 3.9 ha. La plantación tiene una densidad de 1333 árboles por hectárea plantado a una distancia de 3 x 2.5 m como se muestra en la Figura 2c.

El cuarto estrato es un suelo destinado para cultivos agrícolas, actualmente tiene un cultivo de piñón *Jatropha curcas* de aproximadamente 3 años y 1.2 m de altura, el área tiene una densidad de 1111 plantas por hectárea, plantado a 3 x 3 m, aquí se realiza control de las plantas indeseables bajo mecanización agrícola permanente. Según el mapa de uso y cobertura del suelo, esta área tiene 18.5 ha como se presenta en la Figura 2d

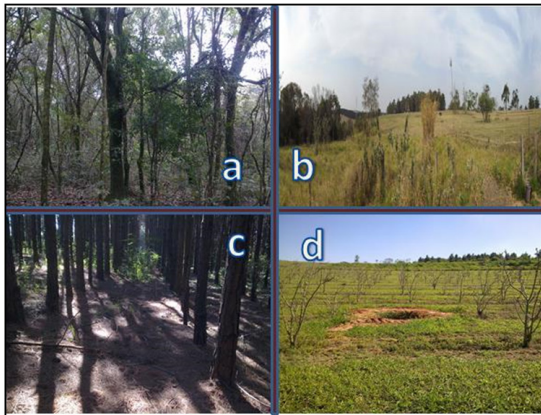


Figura 2. Bosque (a); Pastizal (b); Plantación de pino (c); Cultivo de piñón (d).

Determinación de la humedad y almacenamiento de agua en el suelo

Para determinar la humedad del suelo fue necesario recoger mensualmente 80 muestras indeformadas durante el período (enero – diciembre 2012) cuya procedencia fueron cuatro calicatas de 1.5 m de profundidad en cuatro tipos de cobertura del suelo: bosque, pastizal, plantación de pino y cultivo de piñón. Las muestras fueron colectadas con anillos volumétricos y dispuestos en sentido vertical, las franjas para colecta de las muestras fueron de 0 a 5 cm, de 5 a 30 cm, de 30 a 50 cm, de 50 a 80 cm y de 80 a 100 cm, cada franja con cuatro repeticiones.

Las variables para determinar la humedad y almacenamiento de agua en el suelo fueron obtenidas de acuerdo con el manual de métodos de análisis del suelo. (EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997)

a. Humedad del suelo:

$$U_{bs}\% = \frac{mu - ms}{ms} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

U_{bs}% = humedad del suelo (%);

mu = masa de suelo húmedo (g);
ms = masa de suelo seco (g).

b. Humedad del suelo en base al volumen:

$$\theta = \rho \cdot U \quad (2)$$

Donde:

θ = Humedad del suelo en base al volumen del suelo (cm³ de H₂O / cm³ suelo)

ρ = densidad del suelo (g/cm³)

U = humedad en base del suelo seco (%)

c. Densidad del suelo:

$$\rho = \frac{ms}{V} \quad (3)$$

Donde:

ρ = densidad del suelo (g/cm³)

ms = masa del suelo seco (g)

V = volumen total del suelo (cm³)

d. Densidad de las partículas del suelo:

$$\rho_p = \frac{ms}{V_s} \quad (4)$$

Donde:

ρ_p = densidad de las partículas del suelo (g/cm³)

ms = masa del solo seco (g)

V_s = volumen de las partículas (cm³)

e. Porosidad total del suelo:

$$P_s = 1 - \left(\frac{\rho}{\rho_p}\right) \cdot 100 \quad (5)$$

Donde:

P_s = porosidad del suelo (%)

ρ = densidad del suelo (g/cm³)

ρ_p = densidad de las partículas del suelo (g/cm³)

f. Cuantificación y almacenamiento de agua en el suelo:

$$\Delta S = (\theta \cdot h) \cdot 10 \quad (6)$$

Donde:

ΔS = almacenamiento de agua en el suelo (mm)

θ = humedad del suelo en base del volumen del suelo (cm³ de H₂O / cm³ solo)

h = altura del perfil del suelo (cm)

g. Cuantificación y almacenamiento de agua en suelo en las camadas profundas:

$$\Delta S_3 = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3} \cdot h_3 \cdot 10 \quad (7)$$

Resultados

Humedad del suelo

Las franjas superficiales de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm presentan la menor humedad volumétrica de todo el perfil del suelo, con promedios anuales de 6.7 y 7.2 %, respectivamente, y por ende las de menor almacenamiento de agua, mientras que las franjas más profundas de 30 a 50 cm, de 50 a 80 cm y de 80 – 100 cm son las que más humedad registraron con 8.8, 12.3 y 12.9 %, respectivamente,

Según se observa en la Figura 3, el patrón de distribución temporal de lluvias registrado en 12 meses guarda relación con la humedad y almacenamiento de agua en el suelo, puesto que en los meses de mayor precipitación presenta mayor humedad en el suelo y los meses de menor precipitación presentan la menor tasa de humedad independientemente del tipo de cobertura.

De los cuatro tipos de cobertura vegetal, el suelo cubierto por bosque nativo presentó mayor tasa de humedad volumétrica con 11.7 %, la segunda mayor tasa con 10.3 % la presentó el suelo con pastizal, mientras que para el suelo cubierto con plantación de *Pinus* sp es 9.8 % y para el suelo con cultivo agrícola

6.4 %, estas dos últimas coberturas presentan la menor tasa de humedad de las cuatro estudiadas según se observa en la Figura 4.

Almacenamiento de agua en el suelo

La franja profunda de 80 a 100 cm es la que presenta el mayor almacenamiento de agua en el suelo, con una media anual de 95.7 mm, en esta franja el suelo con mayor almacenamiento es aquel que esta con una cobertura de bosque nativo (107.5 mm), seguido de un suelo con cobertura de pasto (90.9 mm) los suelos con cobertura de pino y cultivo agrícola tienen un almacenamiento de 89.9 mm y de 56.5 mm respectivamente.

El análisis de variancia mostró que el suelo con cobertura de bosque nativo presenta diferencias estadísticas significativas en contenido de humedad y en el almacenamiento de agua, en comparación con el suelo con una cobertura de pastizal, mientras que el suelo con cobertura de cultivo agrícola, plantación de pino y pastizal no presentan diferencias significativas, pero es diferente con el área con cultivo agrícola. Los datos se presentan en la Figura 5.

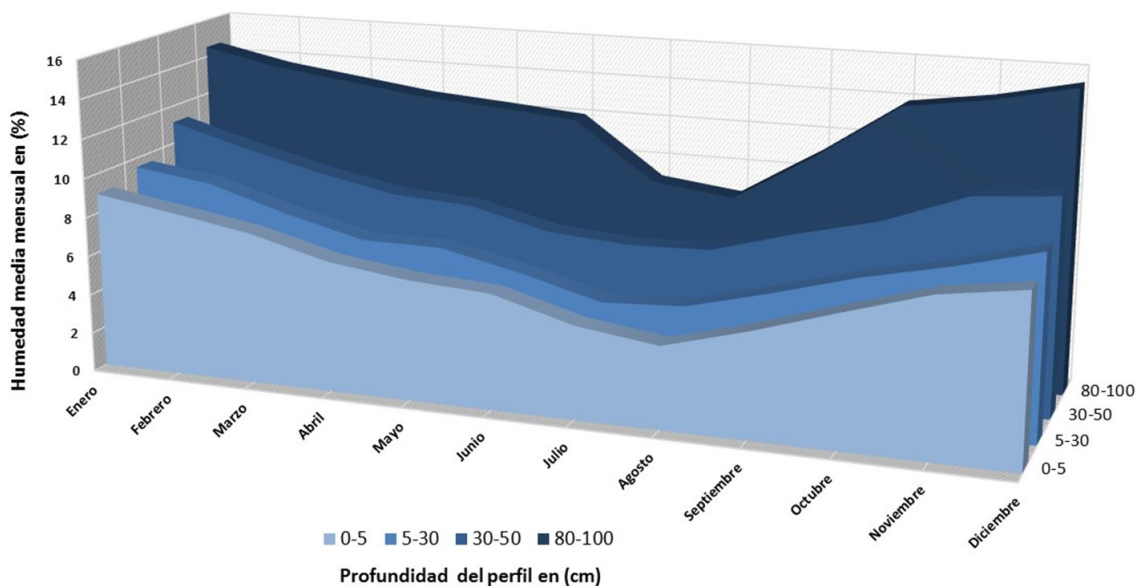


Figura 3. Humedad media mensual en el perfil de 0-100 cm de profundidad.

Humedad y almacenamiento de agua en el suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal

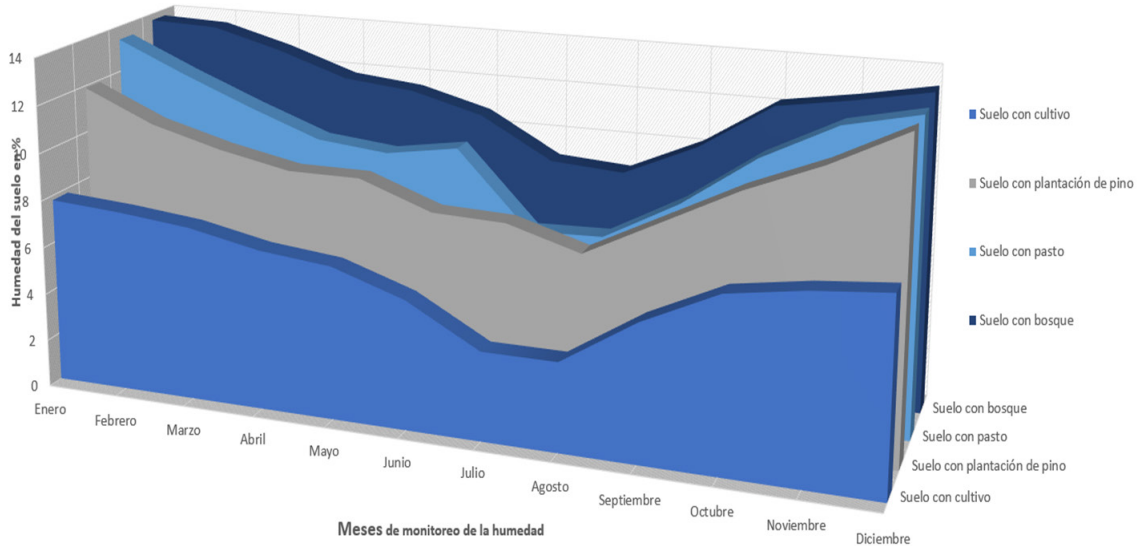


Figura 4. Valores de humedad del suelo en el período de enero a diciembre, en cuatro tipos de uso y cobertura de la microcuenca del río Pimenta.

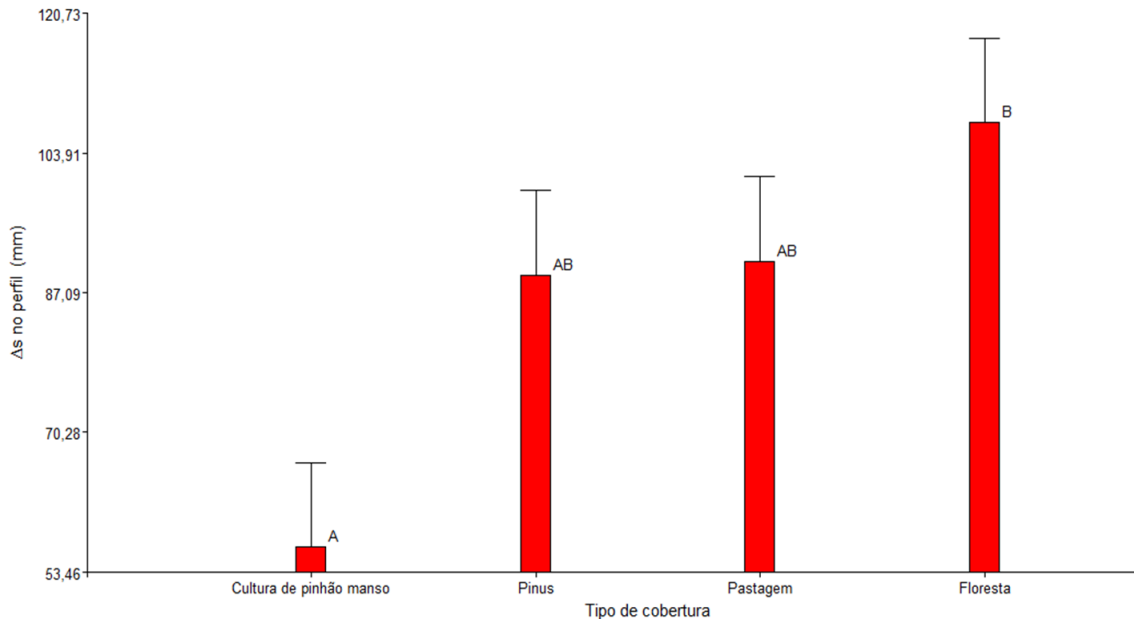


Figura 5. Almacenamiento de agua (Δs) en el perfil del suelo por tipo de cobertura

Discusión

De acuerdo a los resultados, las franjas superficiales (0 – 80 cm de profundidad) presentaron la menor tasa de humedad del suelo y las franjas más profundas (80 a 100 cm) presentaron las mayores tasas de humedad, como la humedad está relacionada directamente con el almacenamiento del agua en el suelo, se plantea que a partir de los 80 cm de profundidad el suelo almacena mayor cantidad de agua que en la superficie, estos datos concuerdan con el estudio realizado por Rodrigues et al. (2012) en donde encontró que la mayor variabilidad de humedad en el suelo es de 0- 50 cm.

Por otro lado, la cobertura se muestra como un factor determinante en la retención de humedad, siendo el bosque y pasto las coberturas vegetales que más favorecen el almacenamiento de agua, mientras que un suelo cubierto con plantación de pino y cultivo agrícola son los de menor importancia para el almacenamiento de agua.

Paz-González & Alves (2005) en un estudio de almacenamiento de agua y densidad del suelo, en tres condiciones de superficie en un Cambisol gleico de Lugo – España, encontró que la mayor variación de la humedad con $0.31 \text{ m}^3/\text{m}^3$ es para un suelo con pastizal de 4 años de plantado y de $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^3$ para un suelo

descubierto.

Rodríguez (2008) en un estudio estimativo de agua en el suelo, en una plantación de *Eucalyptus grandis* para el período lluvioso de 2008, encontró que la densidad y la porosidad del suelo están relacionadas con el almacenamiento de agua, ya que en el suelo cubierto con plantación tiene mejores condiciones estructurales que un suelo sin vegetación, por lo tanto, los resultados mostraron que el almacenamiento de agua en el perfil del suelo hasta 100 cm dependerá del tipo de cobertura y el uso del suelo.

Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que la capa de 0-30 cm se encuentra en el área evaporable y si no presenta protección de la incidencia directa de la radiación solar, la humedad tiene mayor probabilidad de evaporarse que de escurrirse por gravedad hacia las capas más profundas del suelo. Martínez-González et al. (2010) observó que existe una variación de temperatura significativa entre suelos con cobertura viva, con cobertura muerta y suelos sin cobertura, es decir, la radicación directa al suelo desnudo provoca el calentamiento de este y por ende la evaporación rápida del agua del suelo, conforme aumenta la profundidad los efectos evaporantes de la radicación solar disminuye.

Conclusiones

La franja superficial de 0-30 cm es la de que presenta mayor variabilidad en la humedad del suelo en un rango de 0 a 100 cm, esto se da porque se encuentra en la zona evaporable o de mayor exposición a la radiación solar, si esta franja no está cubierta con vegetación será fácilmente calentada por los rayos solares y por ende su humedad evaporada, por lo tanto, se convierte la franja de mayor cuidado para procesos de recuperación hidrológica.

El suelo con cobertura boscosa típica de cerrado nativo de la mata atlántica presenta la mayor tasa de humedad media anual de 11.7 % en un perfil de 0 – 100 cm, estos valores van disminuyendo conforme cambia la cobertura y uso de suelo.

Lectura citada

- Cunha, A., & Martins, D. (2009). Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. IRRIGA, 14, 01. <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n1p01>
- Domingo-Santos, J., Villarán, R., Corral-Pazos-de-Provens, E., & Rapp-Arrarás, Í. (2008). Estimación de la capacidad de retención de agua en el suelo: Revisión del parámetro CRA. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, ISSN

1131-7965, Vol. 15, N° 1, 2006.

- Dörner, J., & Dec, D. (2008). Efecto de la estructura sobre el movimiento de agua en una catena de suelos. Agro Sur, 36(2), 93-100. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n2-05>
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). Manual de metodos de analise de solo. Embrapa.
- Fernández, M. (2008). Estimación de propiedades hídricas de los suelos mediante el uso de funciones de edafo-transferencia.
- Hossne G., A. J. (2008). La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo.
- Martin, E. C. (2017). Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego
- Martínez-González, F., Sosa-Pérez, F., & Ortiz-Medel, J. (2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza.
- Paz González, A., & Alves, M. (2005). Armazenamento de água e densidade do solo sob três condições de superfície, em um Cambissol gleico de Lugo, Espanha. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(1), 45-50. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100007>
- Rodrigues, V. A. (2008). Redistribuição da precipitação em seringueira. IRRIGA, 13(4), 566-575. <https://doi.org/10.15809/irriga.2008v13n4p566-575>
- Rodrigues, v. A., Torres, f. P., Cláudio, M., Sansigolo, y Helena, m. (2012). 523 Estimativa da água no solo em floresta de Eucalyptus grandis. 523-533.
- Rossato, L. (2002). XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.
- Zotarelli, L., Dukes, M. D., y Morgan, K. T. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. EDIS, 2013(2). <https://doi.org/10.32473/edis-ac496-2013>