



Coefficiente de cultivo de Caesalpinia Spinosa (guarango) en etapa de vivero

Crop coefficient of Caesalpinia spinosa (guarango) in nursery stage

Coefficiente de cultivo de Caesalpinia spinosa (guarango) na fase de viveiro

Vanessa Mishel Condoy Giron ¹
vanesita_0694@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7282-6416>

Daniel Arturo Román Robalino ²
Daniel.roman@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9172-3201>

Karla Milena González Valdez ³
karla.gonzalezv@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6943-8823>

Juan Eduardo León Ruiz ⁴
juan.leon@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5304-7959>

Daniela Alejandra Román Cáceres ⁵
danielaa.r.c26@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8940-8613>

Correspondencia: karla.gonzalezv@esPOCH.edu.ec

Ciencias Naturales, Artes y Letras
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de mayo de 2022 * **Aceptado:** 12 de junio de 2022 * **Publicado:** 07 de julio de 2022

¹Investigador independiente, Riobamba, Ecuador.

² Investigador Centro Experimental de Riego, Docente Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba (ESPOCH), Ecuador.

³ Investigador Centro Experimental de Riego, Docente Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba (ESPOCH), Ecuador.

⁴ Investigador Centro Experimental de Riego, Docente Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba (ESPOCH), Ecuador.

⁵Investigador independiente, Docente, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Resumen

El requerimiento hídrico de las plantas, es el principal factor para su crecimiento; en el presente trabajo se propone evaluar el requerimiento hídrico de Guarango (*Caesalpinia spinosa*), bajo condiciones controladas en etapa de vivero, en la Estación Experimental Tunshi, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, se lleva a cabo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, adaptado a condiciones de riego por goteo.

Según la humedad aprovechable del suelo (T1;100%, T2;75% y T3;50%) se identifican 4 estados fenológicos desde el repique hasta la lignificación; número de plantas prendidas, días transcurridos hasta la emergencia de hojas verdaderas-crecimiento foliar, días transcurridos hasta el desarrollo vegetativo, días transcurridos hasta la lignificación, las láminas de riego fueron establecidas mediante el cálculo empírico haciendo uso del Tanque evaporímetro clase A, evaluando la incidencia en los tratamientos.

Finalmente, se determina el coeficiente de cultivo (K_c) con valores entre; 0,16; 0,85; 0,84 y 0,37 (inicial, desarrollo, intermedia, final), la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) con valores de 0,63; 2,94; 2,49; 1,40 mm/día (inicial, desarrollo, intermedia, final).

Se concluye que a un menor contenido de humedad aprovechable del suelo (T3) se obtiene un mejor desempeño. Así mismo, se requiere continuar con estudios en distintos niveles de humedad del suelo en relación con *Caesalpinia spinosa*, con el fin de extender estadísticamente diferencias en el crecimiento, que permita obtener una base científica más concreta acerca del requerimiento hídrico en fase de vivero.

Palabras clave: Riego por Goteo; Requerimiento Hídrico; Lámina de Riego; Tanque Evaporímetro Clase A; Coeficiente de Cultivo; Evapotranspiración del Cultivo.

Abstract

The water requirement of plants is the main factor for their growth, in the present work we propose to evaluate the water requirement of Guarango (*Caesalpinia spinosa*), under controlled conditions in nursery stage, at the Tunshi Experimental Station, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba canton, Chimborazo province, a randomized complete block design (RCBD) with three treatments and three replicates, adapted to drip irrigation conditions is carried out.

According to the usable soil moisture (T1;100%, T2;75% and T3;50%), 4 phenological stages were identified, from the emergence of true leaves - leaf growth, days elapsed until vegetative development, days elapsed until lignification, the irrigation laminae were established by empirical calculation using a Class A evaporimeter tank, evaluating the incidence in the treatments.

Finally, the crop coefficient (K_c) was determined with values between; 0.16; 0.85; 0.84 and 0.37 (initial, development, intermediate, final), crop evapotranspiration (ET_c) with values of 0.63; 2.94; 2.49; 1.40 mm/day (initial, development, intermediate, final). It is concluded that the lower the soil moisture content (T3), the better the performance. Likewise, it is necessary to continue with studies at different soil moisture levels in relation to *Caesalpinia spinosa*, to statistically extend differences in growth, which will allow obtaining a more concrete scientific basis about the water requirement in the nursery stage.

Keywords: Drip Irrigation; Water Requirement; Irrigation Sheet; Class A Evaporimeter Tank; Crop Coefficient; Crop Evapotranspiration.

Resumo

A necessidade de água das plantas é o principal factor para o seu crescimento; no presente trabalho propomos avaliar a necessidade de água de Guarango (*Caesalpinia spinosa*), em condições controladas em viveiro, na Estação Experimental de Tunshi, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cantão de Riobamba, província de Chimborazo, realiza-se um desenho de blocos completos aleatórios (DBCA) com três tratamentos e três réplicas, adaptados às condições de rega por gotejamento.

De acordo com a humidade do solo utilizável (T1;100%, T2;75% e T3;50%), são identificadas quatro fases fenológicas desde a replantação até à lenhificação; número de plantas colocadas, dias decorridos até ao aparecimento das folhas verdadeiras - crescimento das folhas, dias decorridos até ao desenvolvimento vegetativo, dias decorridos até à lenhificação, as laminas de irrigação foram estabelecidas por cálculo empírico utilizando o tanque evaporímetro classe A, avaliando a incidência nos tratamentos.

Finalmente, o coeficiente de cultura (K_c) foi determinado com valores entre 0,16, 0,85, 0,84 e 0,37 (inicial, desenvolvimento, intermédio e final), evapotranspiração da cultura (ET_c) com valores de 0,63, 2,94, 2,49 e 1,40 mm/dia (inicial, desenvolvimento, intermédio e final).

Conclui-se que quanto menor for o teor de humidade do solo utilizável (T3), melhor será o desempenho. É também necessário continuar com estudos a diferentes níveis de humidade do solo em relação à *Caesalpinia spinosa*, a fim de alargar estatisticamente as diferenças de crescimento, o que nos permitirá obter uma base científica mais concreta sobre as necessidades de água na fase de viveiro.

Palavras-chave: Irrigação por gotejamento; Necessidade de água; Folha de irrigação; Tanque Evaporímetro Classe A; Coeficiente de Cultivo; Evapotranspiração de Cultivo.

Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes en la producción de plantas, y está relacionada directamente con su crecimiento y desarrollo, siendo un factor fundamental determinando la productividad agrícola, por lo que su adecuada disponibilidad puede representar un manejo exitoso o su limitación, un rendimiento ineficiente. (Medrano et al., 2007)

Una de las herramientas esenciales en la producción es el riego, el cual está enfocado en mantener un apropiado contenido de humedad en el suelo y minimizar el alto costo del agua; por tanto, es necesario conocer los requerimientos hídricos en las plantas para poder suministrar la cantidad de agua que requieren para desempeñar sus funciones fisiológicas. (Martínez-Cob, 2004)

Por otra parte, para determinar la eficiencia del uso del agua para riego es preciso conocer la cantidad de agua que consumen las plantas a través de la evapotranspiración (ET), y a su vez para el coeficiente del cultivo (Kc), se debe de considerar el periodo vegetativo de la planta (Mitma Huamaní, 2015), entonces estos dos componentes son fundamentales para un buen manejo en los sistemas de riego, siendo necesario resaltar que estos elementos son la base necesaria para satisfacer las necesidades hídricas en las plantas. (Allen et al., 2006a) (Villegas & Torres, 1977)

El correcto suministro del recurso hídrico, provee la cantidad necesaria que la planta requiere para su óptimo crecimiento (León Terán, 2018), (Chicas Soto et al., 2014) cuya inversión evite generar pérdidas innecesarias por el inadecuado riego, así como también problemas de crecimiento, desde la raíz y hasta la muerte prematura de la planta por déficit o exceso de agua. (Meruane & Garreaud, 2005)

El coeficiente de cultivo se denomina influencia de la transpiración de las plantas, y la evaporación del suelo se integra en un único coeficiente llamado coeficiente de cultivo (Kc). Los datos estadísticos que arrojen un Kc van a variar según el ciclo de crecimiento de la planta en conjunto

con los factores climáticos correspondientes. Todo esto dependerá del accionar de la capacidad de la planta para el proceso de extracción de agua del suelo de forma independiente. (Huertas, 2008), De acuerdo a (Martínez, 2004) el coeficiente de cultivo (kc) representa el efecto del cultivo sobre el proceso de transpiración que depende de las características del cultivo: especie, variedad, etapa de desarrollo, etc.

La *Caesalpinia spinosa* es una especie forestal multipropósito que posee un gran potencial ambiental, alimenticio e industrial, siendo de gran utilidad para la producción de gomas, taninos, como alternativa para la curtiembre de cuero de animales, además al ser una especie con gran interés ecológico ideal en la restauración de suelos degradados, en este sentido es oportuno promover la propagación. (Lara Díaz, 2019) (de la Cruz Lapa, 2004)

Por tanto, es importante conocer a esta especie forestal en sus distintas etapas, en este caso en la fase de propagación en vivero, y además establecer los requerimientos hídricos necesarios de *Caesalpinia spinosa*, de esta manera se permita utilizar buenas prácticas de irrigación y con ello mejorar la productividad.

Metodología

El presente estudio fue de tipo experimental, estableciendo los requerimientos hídricos de guarango por tratamientos, partiendo del uso de variables cuantitativas continuas, empleando fórmulas empíricas, en este caso la fórmula Hargraves (Gentilucci et al., 2021) para establecer el coeficiente de cultivo (Kc), la FAO recomienda dividir el ciclo del cultivo en cuatro fases fenológicas (Martínez, 2004).

Las láminas de riego están dadas a partir del establecimiento de los parámetros hídricos del suelo y la puesta a capacidad de campo en todo el estudio, esto depende del comportamiento climatológico y la disponibilidad del agua, las frecuencias de riego fueron hechas en función del seguimiento del contenido hídrico en el suelo, utilizando el método directo (gravimétrico) e indirecto (bloques de yeso). Se establecieron 3 principales tratamientos con 50, 75 y 100% de agua útil.

Para llevar a cabo esta investigación se siguió el proceso que será detallado a continuación:

Determinar el coeficiente de cultivo (Kc) de guarango en etapa de vivero

El Kc fue determinado mediante la fórmula de Hargreaves:

$$0,01335 + 0,04099 \times (C) \times 0,0004 (C)^2$$

Dónde:

C = Porcentaje de desarrollo del cultivo en el día en que se calculó.

Siendo fundamental conocer la duración de cada etapa del cultivo, en este caso se determinó mediante una visualización directa, ya que se contó con 5 semillas de Guarango, y con la ayuda de herramientas de labranza, piola, flexómetro, sarán, y sustrato, el sistema de riego utilizado fue de goteo, se construyó la parcela experimental con área total de 1 m^2 y área neta de 0.7 m^2 , contando con 3 camas de tratamiento, y una distancia entre hileras de $15 \times 15 \text{ cm}$, en etapa de vivero bajo condiciones controladas en función de su desarrollo y crecimiento. Las condiciones climáticas de la zona oscilan con temperaturas de 14.9°C , precipitación media anual de 635.4 mm/año y una humedad relativa del 85% , según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Para la construcción de la curva diaria del K_c , se siguieron los siguientes pasos:

1. Durante todos los días de la fase inicial, $K_c = K_{cini}$;
2. Durante todos los días de la fase de mediados $K_c = K_{cmed}$;
3. En el último día del ciclo, $K_c = K_{cfin}$;
4. Durante la fase de desarrollo, los valores diarios de K_c se obtienen por interpolación lineal entre K_{cini} y K_{cmed} ;
5. Por último, en la fase final, los valores de K_c se obtienen por interpolación lineal entre K_{cmed} y K_{cfin} .

Luego de calcular el K_c , se graficó la curva de coeficiente de cultivo del guarango, colocando en el eje de las abscisas los días de cada estado fenológico y en el eje de las ordenadas, el valor de K_c obtenido en cada fase fenológica.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados para la consecución de esta investigación.

Determinación del coeficiente de cultivo (K_c) de *Caesalpinia spinosa* guarango en etapa de vivero.

En el ciclo de cultivo del guarango (*Caesalpinia spinosa*) se establecen cuatro etapas fenológicas: número de plántulas prendidas (etapa inicial), aparición de hojas verdaderas y crecimiento del área foliar (etapa de desarrollo), desarrollo vegetativo (etapa intermedia) y lignificación (etapa final).

Tabla 1. Láminas totales de riego aplicadas en el ciclo del cultivo del guarango (*Caesalpinia spinosa*) en etapa de vivero

Estados fenológicos	Descripción
Etapa inicial	El inicio de la etapa se considera desde el día de repique hasta que las plantas empiezan su prendimiento en un 30%.
Etapa de desarrollo	Continúa luego de la etapa inicial, hasta cuando el 30% de plantas empieza con la emergencia de las nuevas hojas verdaderas y crecimiento del área foliar.
Etapa intermedia	Continúa luego de la etapa de desarrollo, empieza con el desarrollo vegetativo hasta cuando el 30% de las plantas estén listas.
Etapa Final	Luego de culminar la etapa intermedia, las plantas presentan el 70% de la lignificación encontrándose en la etapa final.

Fuente: Autores, 2022

En cada etapa, se tomó en consideración desde cuando inició el repique hasta la lignificación, todas las variables estudiadas cambiaron. El estado fenológico se determina mediante la visualización directa del cultivo estudiado, en función de su desarrollo y crecimiento y de los tratamientos que se realizaron para su determinación.

Tabla 1. Láminas totales de riego aplicadas en el ciclo del cultivo del guarango (*Caesalpinia spinosa*) en etapa de vivero

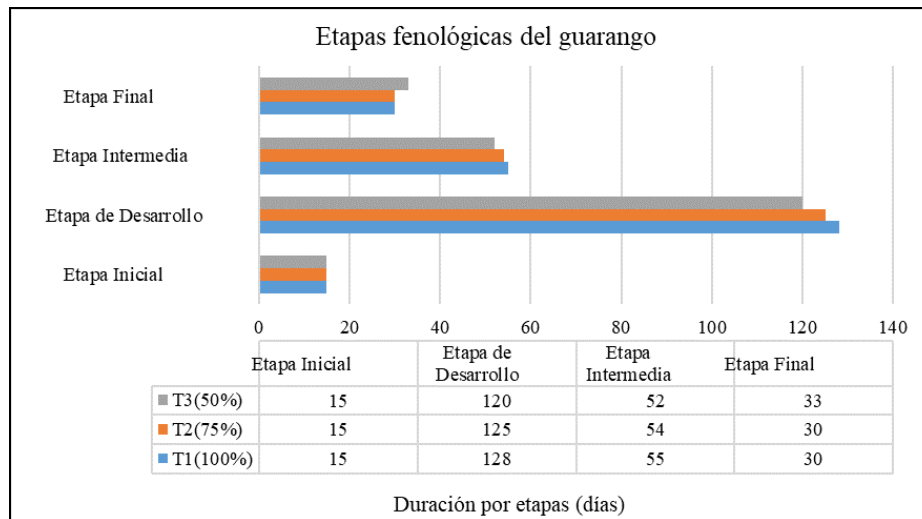
Tratamientos	Láminas de agua (mm)	Agua útil en el suelo (%)
T1	474,7	100%
T2	432,2	75%
T3	423,1	50%

Fuente: Autores, 2022

En la tabla 1, se indican los resultados de las diferentes láminas de riego aplicadas en el ciclo del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*). El Tratamiento 1 (100% de agua útil en el suelo) con

una lámina total de 474,7 mm, el Tratamiento 2 (75% de agua útil en el suelo) una lámina total de 432,2 mm y el Tratamiento 3 (50% de agua útil en el suelo) con una lámina total de 423,1 mm. Según los resultados alcanzados en la presente investigación se requiere láminas de riego menores para el crecimiento del guarango a nivel de vivero.

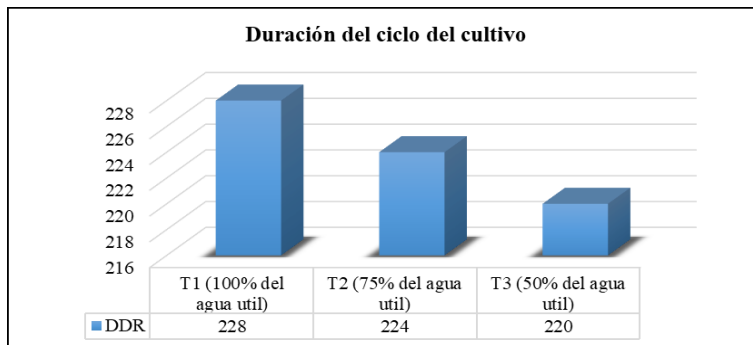
Gráfico 1. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de guarango en los diferentes tratamientos.



Fuente: Autores, 2022

En el gráfico 1, se presentan las etapas fenológicas del cultivo de guarango respecto a los tres tratamientos durante la etapa inicial del cultivo se tiene una duración de 15 días después del repique, en la etapa de desarrollo se presenta una duración de 120 días para el Tratamiento 3 (50% de agua útil), 125 Tratamiento 2 (75% agua útil) y 128 para el Tratamiento 1 (100% de agua útil). La etapa intermedia presentó una duración de 52 días para el Tratamiento 3, mientras que para Tratamiento 2 y Tratamiento 1 se obtuvo valores de 54 y 55 días; en la etapa final se presenta una duración para Tratamiento 3, Tratamiento 2, y Tratamiento 1 con 33, 30 y 30 días respectivamente.

Gráfico 2. Duración total del ciclo de cultivo de guarango en etapa de vivero (*Caesalpinia spinosa*).



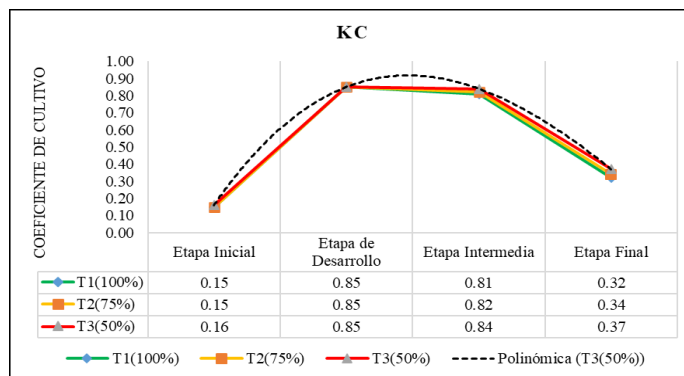
Fuente: Autores, 2022

Como resultado final se obtiene que el ciclo total de cultivo para el Tratamiento 1 fue de 228 Después de repique, para el Tratamiento 2 de 224 después de repique y para Tratamiento 3 de 220 después de repique, como se observa en el gráfico 2.

Dicha diferencia se da, debido a las diferentes láminas de riego aplicadas en cada tratamiento, además es necesario resaltar lo expuesto por (Allen et al., 2006b), donde sustenta que, dentro de un mismo cultivo hay diferencias en el consumo de agua, que son por aspectos de tamaño, aerodinámica, como también por su lado anatómica dando como resultado, variabilidad en el crecimiento, desarrollo y por tanto diferencias en la culminación de los estados fenológicos del cultivo.

Coefficiente del cultivo (Kc) de guarango mediante la fórmula de Hargraves (50,75 y 100% de agua útil en el suelo).

Gráfico 3. Coeficientes del cultivo (Kc) para los tres tratamientos en estudio (50, 75 y 100% de agua útil).



Fuente: Autores, 2022

En el Gráfico 3 se aprecia el coeficiente de cultivo (K_c) para el guarango (*Caesalpinia spinosa*), determinada por la fórmula de Hargraves para los tres tratamientos, en el T1 con el 100% de agua útil en el suelo se reflejan los siguientes valores: etapa inicial; 0,15 alcanzando una duración de 15 días; desarrolló, 0,85 con una duración de 128 días; intermedia, 0,81 alcanzando una duración de 55 días y etapa final 0,32 durando 30 días, el total de días en este tratamiento fue de 228 DDR, con una lámina de riego de 474,7 mm.

Para el T2, con el 75% de agua útil en el suelo, alcanza valores para la etapa inicial de 0,15; desarrollo 0,85, intermedia; 0,82, y final 0,34 adquiriendo una duración de 15, 125, 54 y 30 días respectivamente, aplicando 432,2 mm de agua durante todo el cultivo concluyendo una duración total en este tratamiento de 224 DDR.

Y para el T3 se puede apreciar el coeficiente del cultivo (K_c) con el 50% de agua útil en el suelo, cuyos valores conseguidos fueron: etapa inicial 0,16 durando 15 días; desarrollo 0,85, durando 120 días; intermedia; 0,84 con una duración de 52 días y final; 0,37 durante 33 días, concluyendo una duración total en este tratamiento de 220 DDR, con una lámina de riego de 423,1 mm.

La variabilidad que se observa en los coeficientes de cultivo (K_c), hacen relato a todo el período del cultivo en los tres tratamientos, en tal sentido se estima que los valores del K_c aumentan conforme al crecimiento del cultivo, de manera similar (Valverde, 2007) manifiesta que el K_c varía con la fase de crecimiento de la especie y con las condiciones climáticas, al mismo tiempo depende de la capacidad que tiene la planta para extraer agua de la superficie.

Así como, (Allen et al., 2006b) indica que K_c aumenta a medida que crece el área foliar del cultivo, ya que existe una mayor área foliar expuesta a la radiación solar, así es como, el cultivo demanda una mayor cantidad de recursos para realizar sus funciones fisiológicas.

Por otro lado (Cely, 2010) sostiene que el K_c depende directamente del tipo de especie vegetal, del área foliar desarrollada y de la cobertura vegetal que esta hace sobre la superficie.

En relación con el tipo de cultivo, varias especies muestran diferencias en altura, así como las estructuras de los estomas y como tal, sus características anatómicas de sus hojas y el área foliar provocan variaciones en los valores del coeficiente de cultivo (K_c).

El estudio realizado por (Vergara et al., 2017) estableció que el coeficiente de cultivo (K_c) para *Gmelina arborea* es 0,6 en la fase de vivero, infiriendo como un valor medio; por lo tanto, insinúa que para esta especie forestal en las primeras fases de crecimiento el requerimiento hídrico es

menor, estos resultados concuerdan en parte con lo obtenido en el presente estudio en donde se determinó que el coeficiente de cultivo (K_c) para *Caesalpinia spinosa* es 0,6 en la etapa de vivero, lo cual indica que el requerimiento hídrico de esta especie es bajo.

Conclusiones

- El ciclo total del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*) para el Tratamiento 1 (100% de agua útil) es de 228 Después de repique, para el Tratamiento 2 (75% agua útil) de 224 después de repique y para Tratamiento 3 (50% de agua útil), 220 después de repique, esto es debido a que dentro de un mismo cultivo hay diferencias en el consumo de agua, que son por aspectos de tamaño, aerodinámica, como también por su lado anatómica dando como resultado, variabilidad en el crecimiento, desarrollo y por tanto diferencias en la culminación de los estados fenológicos del cultivo.
- El ciclo total del cultivo para el guarango obtuvo una duración para el tratamiento 3 (50% de agua útil en el suelo) de 220 días después del repique, podemos destacar que, con un menor contenido de humedad en el suelo, se reflejó un mejor comportamiento en el crecimiento y desarrollo en la fase de vivero.
- Los coeficientes de cultivo en el tratamiento 1 para el 100% de la capacidad de retención de agua del campo son: 0.15, 0.85, 0.81, y 0.32, que representan las etapas: inicial, de desarrollo, intermedia y final, respectivamente. Para el tratamiento 2, el 75% de la capacidad de retención de agua del campo es: etapa inicial 0.15, etapa de desarrollo 0.85, etapa intermedia 0.82 y etapa final 0.34. Para el tratamiento 3, el 50% de la capacidad de retención de agua del campo es: 0.16; 0.85; 0.84 y 0.37, que son las etapas iniciales, de desarrollo, intermedia y final, respectivamente.
- El coeficiente de cultivo (K_c) para *Caesalpinia spinosa* (guarango), bajo condiciones controladas en la Estación Experimental Tunshi, presentan los siguientes valores obtenidos de 0,16; 0,85; 0,84; 0,37 para la etapa inicial, desarrollo, intermedia y final respectivamente, bajo riego por goteo resultado del 50% de agua útil en el suelo para el periodo de 220 días en condiciones de vivero (T3).

Referencias

1. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006a). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0).
2. Cely Reyes, G. E. (2010). Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el Distrito de riego del Alto Chicamocha. Escuela de Posgrados.
3. Chicas Soto, R. A., Vanegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 41–46.
4. de la Cruz Lapa, P. (2004). Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa*-*Caesalpinia tinctoria*. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 7(14), 64–73.
5. Gentilucci, M., Bufalini, M., Materazzi, M., Barbieri, M., Aringoli, D., Farabollini, P., & Pambianchi, G. (2021). Calculation of potential evapotranspiration and calibration of the hargreaves equation using geostatistical methods over the last 10 years in central Italy. *Geosciences*, 11(8), 348.
6. Huertas, L. (2008). El control ambiental en invernaderos: humedad relativa. *Hortícola*, 205, 52–54.
7. Lara Díaz, R. M. (2019). Evaluación de Métodos de Producción de Plántulas de Guarango (*caesalpinia spinosa*), en el Vivero Experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
8. León Terán, J. E. (2018). Determinación de requerimientos hídricos en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) var: Winterhaven en base al tanque de evaporación tipo y fórmulas empíricas (FAO) en Macají, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
9. Martínez, A. (2004). Necesidades hídricas en cultivos hortícolas. *Rev. Horticultura*, 1, 34–41.
10. Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, 43,

63–84.

11. Meruane, C., & Garreaud, R. (2005). Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica-Módulo 1. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento de Geofísica, 19, 1–19.
12. Mitma Huamaní, S. (2015). Requerimiento hídrico y programación de riego en el cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa*). Pacaycasa-Ayacucho 2760 msnm.
13. Vergara, A., Mercado, T., Jarma, A., & Gatti, K. (2017). Requerimiento hídrico de *Gmelina arborea* en etapa de vivero bajo condiciones controladas. *Floresta e Ambiente*, 24.
14. Villegas, J. A., & Torres, B. E. (1977). Evapotranspiracion. Serie Didactica, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucuman, 45. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
15. Valverde, A., Sarria, B., & Montegudo, J. P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica*, 13(37), 255-260.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).