

Determinación de Requerimientos Hídricos para Avena Forrajera (*Avena sativa* L.) y Raigrás (*Lolium perenne*) en la Sabana de Bogotá (Colombia).

Determination of water requirements for forage oats (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium perenne*) crops in the savannah of Bogotá (Colombia).

César Terán Chaves^{1*}; Gilberto Murcia Contreras²; Alberto García Prats³

1 Investigador en Manejo de aguas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) C.I.Tibaitatá, Vía Mosquera. Bogota, Colombia. <cteran@corpoica.org.co.> *Autor para correspondencia.

2 Investigador en Procesos y Maquinaria Agrícola, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) C.I.Tibaitatá, Vía Mosquera. Bogota, Colombia. <gmurcia@corpoica.org.co.>

3 Profesor e Investigador, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia, España. <agrprats@upvnet.upv.es>

Resumen. Se determinó el consumo hídrico de especies forrajeras con la huella hídrica y las funciones de producción respecto al agua para los cultivos de avena forrajera (*Avena sativa* L.) y raigrás (*Lolium perenne*), teniendo en cuenta la evaluación de la energía presente en la atmósfera en la región. Se generó un gradiente de humedades según Hanks *et al.*, (1976), para obtener las respuestas. Se llevaron a cabo 15 experimentos para generar el consumo hídrico, la huella hídrica, la producción de biomasa y la productividad hídrica normalizada (WP*). Se consideraron nuevas investigaciones sobre uso de agua, Steduto *et al.*, (2007) implementadas por el modelo AquaCrop (FAO) para la determinación de la biomasa y la producción agrícola a partir del agua para especies herbáceas. El trabajo se desarrolló en el C.I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) (4°42'N; 74°12'W), Bogotá, a 2543 msnm. Para avena forrajera se encontró una función de producción de segundo orden que define su huella hídrica en forma variable con un punto óptimo de 390 mm para una producción de 22 t ha⁻¹ y una WP* de 18,97 g m⁻², mientras que para raigrás una línea recta con un punto máximo de 410 mm y una producción de 10 t ha⁻¹, alcanzando una WP* de 18,08 g m⁻² de siembra a primer corte y de 14,66 para los cortes posteriores. Se obtuvieron las curvas del cultivo Kc, Kcb, y Ke de sus respectivos ciclos productivos, con puntos máximos de Kcb de 1,1 para raigrás, y 1,14 para avena forrajera.

Palabras clave: Huella hídrica, Eficiencia de uso de agua, forrajes, Productividad hídrica, Consumo hídrico, Función de producción.

Abstract. Water consumption of forage species with the water footprint and production functions to water for crops of forage oats (*Avena sativa* L.) and ryegrass (*Lolium perenne*) was determined, taking into account the evaluation of the energy in the atmosphere in the region. Moisture gradient as Hanks *et al.*, (1976) was generated, to obtain the answers.

It took just 15 experiments to generate water consumption, water footprint, biomass production and water productivity standard (WP*). New research on water use, Steduto *et al.*, (2007) implemented by the model AquaCrop (FAO) for the determination of biomass and agricultural production from water in herbaceous species were considered. The work was developed in the C. I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) (4°42'N, 74° 12'W), Bogotá, 2543 meters. To forage oats production function that defines second-order its water footprint variably with an optimum of 390 mm for a production of 22 t.ha⁻¹ and WP* of 18.97 g.m⁻² was found, while ryegrass that a line with a peak of 410 mm and an output line 10 t.ha⁻¹, reaching a WP* 18.08 gm⁻² of seed and a first cut for subsequent cuts 14.66. Crop Kc curves, Kcb were obtained and Ke of their production cycles, with peaks of 1.1 Kcb for ryegrass and forage oats to 1.18.

Key words: Water footprint, water use efficiency, feed, water productivity, water consumption, production function.

INTRODUCCIÓN

El nuevo enfoque planteado por la FAO en el modelo AquaCrop (2009), Steduto *et al.*, (2007) plantea la consideración, en términos independientes de los componentes de evaporación directa del suelo (E) y transpiración de las plantas (Tr) para así poder estimar, teniendo en cuenta la relación causa-efecto del agua, de forma más realista, la producción de biomasa (B) y el índice de cosecha (IC), además de la productividad hídrica normalizada WP* como el motor básico de producción de biomasa y la cosecha, Raes *et al.*, (2009 a,b). Este modelo puede utilizarse para la estimación de la huella hídrica de especies herbáceas y podría ampliarse su uso a especies forrajeras, en especial a los cultivos de pasto raigrás (*Lolium perenne*) y avena forrajera (*Avena sativa*





L.). El objetivo de este trabajo fue la determinación de los requerimientos hídricos y la huella hídrica de los cultivos de pasto raigrás y avena forrajera por medio de algunos de los parámetros del modelo *AquaCrop* como son los coeficientes del cultivo K_c , K_{cb} , K_e . Así mismo la evaluación de la producción de biomasa y cosecha por medio de las funciones de producción respecto del agua y las productividades hídricas de los cultivos estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sitio experimental. Se desarrollaron 15 experimentos en el C.I. Tibaitatá, Corpoica (Colombia) localizado a ($4^{\circ}42'N$; $74^{\circ}12'W$), en la sabana de Bogotá, 2543 msnm. Los suelos pertenecen al complejo Pachic Haplustands–Humic Haplustands–Fluventic Dystrustepts. Símbolo RMQa y RMQb. IGAC, (2000). El clima ambiental es frío y seco, caracterizado por temperaturas entre 12 y $18^{\circ}C$ y precipitaciones promedio anual entre 500 y 1000 mm. **Diseño Estadístico.** De acuerdo al análisis estadístico del experimento de Hanks *et al.*, (1976) propuesto por Johnson *et al.*, (1983), se definieron dos experimentos independientes simultáneos, para cada especie, con unidades experimentales de $27,5$ m². Cada uno de los experimentos está dispuesto en dos mitades Norte y Sur, separadas por la línea de riego de aspersores con el fin de que produzcan un techo hídrico a dos aguas homogéneo, generando seis (6) niveles paralelos que constituyen los tratamientos de riego, incluido el último al cual no le alcanza a llegar agua y que corresponderá al nivel de cero (control, sólo con lluvia). Este diseño estadístico responde a un arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento, para un total de 48 unidades experimentales (Johnson *et al.*, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadísticos. Se aplicó el modelo general multivariado (Johnson *et al.*, 1983) que corresponde a un método lineal mixto el cual es una generalización del análisis lineal estándar que consiste en que a los datos se les permite presentar una correlación y variabilidad no constante. Proc Mixed de SAS fue utilizado para realizar los análisis estadísticos de inferencia para los experimentos de gradiente y reconocer la valoración de la significancia o no ($\alpha=0,05$) de los resultados de materia fresca, biomasa seca, y altura de plantas como respuesta a la lámina aplicada. SAS, Inc. (2011).

Funciones de Producción: Avena forrajera. Se obtuvo la curva de lámina aplicada contra producción de biomasa en materia seca y la función de producción de avena forrajera. Para este caso se ajusta una curva parabólica bien definida, con un coeficiente de determinación de $r^2=0,851$. La biomasa producida aumenta con esta función hasta un máximo un poco superior a 22 t ha⁻¹ de materia seca lograda con cerca de 390 mm de lámina de agua aplicada, luego inicia su descenso si se continúa con el aumento de lámina de agua. **Raigrás.** En general para el primer corte, época en la cual el cultivo genera todas las estructuras de la planta, (raíz, tallos, hojas y estructuras reproductivas) se alcanzaron niveles de producción mayores que para los cortes posteriores. La función de producción es una recta con un ajuste del coeficiente de determinación de $r^2=0,6906$. Las producciones para el primer corte se ubican al final de la recta de ajuste con un máximo cercano a 9 t ha⁻¹ para una lámina de 410 mm de agua, aunque experimentalmente se lograron producciones promedias máximas que alcanzaron cerca de 10 t ha⁻¹. Para los cortes posteriores al primero la función de producción llega a determinar niveles de materia seca producidos cercanos a 7 t ha⁻¹ con una lámina aplicada de 240 mm.

Productividad hídrica normalizada. La productividad hídrica normalizada para avena forrajera fue de $18,97$ g m⁻². Mientras que para raigrás sólo alcanzó un valor promedio de $18,08$ g.m⁻² para el periodo de siembra a primer corte y de $14,66$ g m⁻² para los cortes posteriores.

CONCLUSIONES

La función de agua-producción para avena forrajera respondió a una ecuación de segundo orden con un máximo en 390 mm de agua aplicada para todo el ciclo del cultivo para una producción media de 22 t ha⁻¹. La función de producción para pasto raigrás en el entorno edafoclimático de la sabana de Bogotá, respondió a una línea recta en la cual el segmento más prolongado presenta un máximo de 410 mm de agua para una producción del ciclo hasta el primer corte de 9 t ha⁻¹ y para los cortes posteriores al primero la función de producción llega a determinar niveles de materia seca de 7 t ha⁻¹ con una lámina de sólo 240 mm.

En ambos casos se obtuvieron los coeficientes del cultivo K_c , K_{cb} , y K_e , a lo largo del ciclo del cultivo. El coeficiente de transpiración del cultivo (K_{cb}) para raigrás asciende a $1,1$ en su punto máximo alcanzado a los 55 DDS y $1,18$ para avena forrajera alcanzado a los 81 DDS.





La productividad hídrica normalizada para avena forrajera fue de 18,97 g m⁻² mientras que para raigrás alcanzó un valor promedio de 18,08 g m⁻² para el periodo de siembra a primer corte y de 14,66 g m⁻² para los cortes posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Hanks, J.R., J. Keller and V.P. Rasmussen and G.D. Wilson. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crops production studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 426-429.
- IGAC. 2000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca. Departamento Administrativo Nacional del Estadística (DANE) e IGAC, Subdirección de agrología. Bogotá, D.C., 901 p.
- Johnson. D.E., U.N. Chaudhuri and E.T. Kanemasu. 1983. Statistical analysis of line-source sprinkler experiments and other nonrandomized experiments using multivariate methods. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 309-312.
- Raes, D., P. Steduto, T. Hsiao and E. Fereres. 2009 (a) AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water. Reference Manual. FAO. Roma. Sp.
- Raes, D., P. Steduto, T.C. Hsiao y E. Fereres. 2009. (b) AquaCrop —The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description *Agron. J.* 101: 438-447.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.2. User's guide, second edition.
- Steduto, P., T.C. Hsiao and E. Fereres. 2007. On the conservative of biomass water productivity. *Irrig. Sci.*, 25: 189-207.

Efecto de 1-Metilciclopropeno en la Poscosecha de Mandarina (*Citrus Reticulata L.*) Var. Arrayana

Effect of 1-Methylcyclopropene Postharvest in Mandarin (Citrus Reticulata L.) Var. Arrayana

Carlos A. Gómez¹; Helber E. Balaguera-López²; Juan C. García³; Aníbal O. Herrera⁴; Víctor J. Flórez⁵

- 1 Químico, Candidato a MSc Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. cagomezg@unal.edu.co
- 2 Ingeniero Agrónomo, Candidato a Doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias, hebalagueral@unal.edu.co
- 3 Ingeniero Agrónomo, Candidato a MSc Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, jucgarcia@unal.edu.co
- 4 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, aoherreraa@unal.edu.co
- 5 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia, vjflorezr@unal.edu.co

Resumen. Se evaluó el efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento poscosecha del fruto de mandarina (*Citrus reticulata L.*) variedad "arrayana" cosechados en madurez comercial. Para el estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x3+1, con dosis de 1-MCP (0,5, 1,0 y 1,5 µL L⁻¹), y tiempo de tratamiento (2, 12 y 24 h), 4 repeticiones para un total de 40 UE a temperatura ambiente. Se midieron variables físicas, químicas y fisiológicas periódicamente. Se encontraron resultados favorables en poscosecha a 0,5 µL L⁻¹ de 1-MCP con tratamiento de 2h.

Palabras clave: Poscosecha, mandarina, fisiología, 1-metilciclopropeno.

Abstract. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) was evaluated on the postharvest behavior of mandarin (*Citrus reticulata L.*) fruit "arrayana" variety harvested at commercial maturity. It was used a completely randomized design (DCA) 3x3 +1 factorial arrangement with a dose of 1-MCP (0.5, 1.0 and 1.5 µL L⁻¹), and treatment time (2, 12 and 24 h), 4 replicates for a total of 40 EU at room temperature. Physical, chemical and physiologic variables were measured periodically. Results indicate a favorable postharvest at 0.5 µL L⁻¹ 1-MCP-treated for 2h.

Key words: Postharvest, mandarin, physiology, 1-methylcyclopropene.

