

# HUELLA HÍDRICA REFERENCIAL DEL CULTIVO DE VID PARA VINIFICAR EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO COLORADO

Carolina M. Aumassanne<sup>1\*</sup>; Dardo, R. Fontanella<sup>1</sup>; María Eugenia Beget<sup>2,3</sup>; Carlos M. Di Bella<sup>3,4</sup>;  
María Lujan Masseroni<sup>1</sup>; Ayelen, Varela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 25 de Mayo, La Pampa, ARGENTINA

<sup>2</sup>Instituto de Clima y Agua, CIRN. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ARGENTINA

<sup>3</sup>Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, ARGENTINA

<sup>4</sup>IFEVA-Conicet/UBA

E-mail: \* [aumassanne.carolina@inta.gob.ar](mailto:aumassanne.carolina@inta.gob.ar)

## Introducción

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el principal factor limitante para el desarrollo agrícola. Mediante el riego integral, en muchas situaciones, se satisfacen casi la totalidad de las necesidades de agua de los cultivos. La agricultura bajo riego constituye uno de los mayores consumidores de agua dulce en el mundo. Esto ha generado, en situaciones de limitaciones de recursos hídricos, severos conflictos de uso ya que entran en juego las demandas de agua para abastecimiento humano, hidroeléctrico e industrial, entre otros (FAO, 2002).

En el año 2002 surge el concepto de huella hídrica (HH) desarrollado por Hoekstra y Hung con el objetivo de obtener un indicador que relaciona el uso del agua con el consumo humano (Raes *et al.*, 2009). Así, la HH se presenta como un indicador ambiental de sostenibilidad complementaria que permite conocer cuál es el volumen total de agua que se necesita para producir los bienes y servicios de una población. La HH de un cultivo (Civít *et al.*, 2012; Álvarez, 2016), indica la cantidad de agua evapotranspirada para obtener una determinada producción, distinguiendo entre el agua procedente de las precipitaciones (verde) y el agua extraída de ríos, lagos y acuíferos, aplicada mediante riego (azul) (e.g. Cao *et al.*, 2014).

En la cuenca media del río Colorado, sobre la ribera pampeana, se desarrolla la actividad vitivinícola en las localidades de 25 de Mayo, Casa de Piedra y Gobernador Duval, a partir del aporte del agua proveniente del río Colorado. El riego es de tipo integral y entre las condiciones agroclimáticas, se destacan la aridez de la zona y la elevada amplitud térmica, permiten el excelente desarrollo del cultivo de la vid. En vistas a la expansión y desarrollo de la actividad en los últimos años, a las condiciones de oferta de agua en la cuenca, y a la potencial competencia con otros usos del agua, es necesario contar con herramientas e indicadores para la gestión sustentable del agua y potenciar la seguridad hídrica en la cuenca. Por otro lado, desde el sector vitivinícola argentino se ha manifestado la necesidad de contar con indicadores clave para la gestión de los recursos que también les permita acceder a esquemas de verificación y certificación de productos para acceder a mercados más exigentes. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue calcular la huella hídrica referencial verde y azul del cultivo de vid con destino a la vinificación en las localidades de 25 de Mayo, Casa de Piedra y Gobernador Duval (provincia de La Pampa).

## Materiales y métodos

**Área de estudio.** Este trabajo se desarrolló sobre la cuenca media del río Colorado, en los viñedos de 3 localidades pampeanas, 25 de Mayo, Casa de Piedra y Gobernador Duval.

**Cálculo de huella hídrica.** Se utilizó la metodología desarrollada por Hoekstra *et al.* (2010). En ella se considera que la HH total, es decir los litros de agua consumidos por unidad de producto, está compuesta por la HH verde, la HH azul y HH gris. Esta última no ha podido ser estimada debido a la falta de

disponibilidad de datos para ello y sólo se han calculado las huellas verde y azul.

**Cálculo de uso consuntivo de los cultivos.** Se utilizó el software CROPWAT 8 (Smith, 1999; FAO, 2012) que emplea el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la ET del cultivo (Allen *et al.*, 1998), requerimientos de agua y riego en base a datos climáticos, de suelos y de cultivo, a los fines de determinar el uso consuntivo ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ).

Recolección de datos.

**Información meteorológica.** Las variables climáticas requeridas por este modelo son precipitación, temperatura máxima y mínima, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento y las mismas fueron obtenidas de la red de estaciones meteorológicas del Ministerio de la Producción (Gov. De La Pampa).

**Información del cultivo.** A partir de la información brindada por los productores y mediciones a campo se obtuvieron la fecha de siembra, de cosecha, días en cada etapa fenológica, altura y profundidad de enraizamiento. El coeficiente del cultivo (Kc) y las fases de crecimiento fueron obtenidos de trabajos realizados en la misma región por Fontanella y Aumassanne (2015). En el caso de la fracción de agotamiento crítico y el factor de respuesta de la productividad del cultivo fueron tomados de Allen *et al.*, (2006). El rendimiento del cultivo de cada viñedo fue informado por el encargado de cada uno de los establecimientos.

**Información de suelo.** El agotamiento inicial y la humedad del suelo disponible inicialmente (mm/m profundidad) se estimaron para perfiles de suelo con características similares de la zona. La humedad total disponible fue tomada de Sartor *et al.*, (2018) y la tasa máxima de infiltración para suelos arenosos de FAO (2012). La profundidad radicular máxima (cm) se midió tomando como referencia el manto de ripio que produciría un impedimento al paso de las raíces.

**Componentes verde y azul de la huella hídrica de los cultivos.** La ET del agua verde-azul se calculó utilizando el modelo CROPWAT 8.0 basándose en los requisitos de agua de los cultivos. La ET se calcula para condiciones óptimas ( $ET_c = NAC$ , Allen *et al.*, 1998). La  $ET_c$  se calcula en periodos de diez días y durante la temporada completa de crecimiento. Para calcular la precipitación efectiva, se consideró el SCS USDA (USDA Soil Conservation Service) ya que es uno de los métodos más utilizados (Setegn *et al.*, 2011). El modelo calcula la  $ET_c$  de la siguiente manera (Ecuación 1):

$$ET_c = ET_o * Kc \quad [1]$$

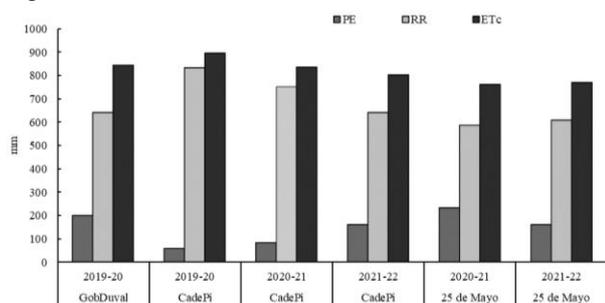
donde: Kc: coeficiente del cultivo, que incorpora las características del cultivo y un promedio de efectos de la evaporación del suelo.  $ET_o$ : evapotranspiración de referencia, que expresa la evapotranspiración de un cultivo de referencia hipotético de pastura sin escasez de agua.

La evapotranspiración de agua verde (ETverde) se calculó como el mínimo de la evapotranspiración total del cultivo ( $ET_c$ ) y la precipitación efectiva (Peff), con un intervalo de tiempo de diez días y luego se sumó durante el período de crecimiento. La evapotranspiración del agua azul (ETazul) se calculó como la

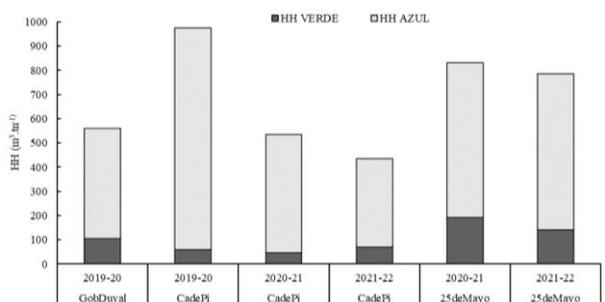
diferencia entre la evapotranspiración total del cultivo (ETc) y la precipitación total efectiva (Peff) sobre una base de diez días. Cuando la Peff fue mayor que la ETc de la cosecha total la ET azul se consideró igual a cero. Luego se sumó la ET azul durante todo el período de crecimiento. La ETc estimada en milímetros, se convirtió en  $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  aplicando un factor de 10 veces para obtener las necesidades de agua del cultivo (NAC) verde y azul en  $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ . El componente verde de la HH de un proceso de cultivo (HHproc,verde,  $\text{m}^3\cdot\text{ton}^{-1}$ ) se calculó como el componente verde en el uso de agua de los cultivos (NACverde,  $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dividido por el rendimiento del cultivo Y ( $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), y de manera similar el componente azul (HHproc,azul,  $\text{m}^3\cdot\text{ton}^{-1}$ ).

## Resultados

En el período analizado la ETc en Gdor. Duval presenta una demanda máxima diaria en la primera década de enero de 6,5 mm; en 25 de Mayo 6 mm y en Casa de Piedra 6,8 mm. Por otra parte, la ETc mínima diaria para las tres localidades fue de 1,5 mm en el mes de octubre. La precipitación efectiva media para el período evaluado fue de 200 mm para Gdor. Duval, 197,5 mm para 25 de Mayo y 102,46 mm para Casa de Piedra. Como resultado la ETc media del cultivo de vid fue de 845 mm, 845,3 mm y 765,5 mm respectivamente. Dando como resultado promedio la ETc para las tres localidades de 818,6 mm/período (Figura 1).



**Figura 1.-** Precipitación efectiva (PE), requerimiento de riego (RR) y evapotranspiración del cultivo (ETc) (mm) para el cultivo de vid desde 2019 a 2022 en Gobernador Duval (GobDuval), Casa de Piedra (CadePi) y 25 de Mayo.



**Figura 2.-** Huella hídrica ( $\text{m}^3\cdot\text{ton}^{-1}$ ) estimada del cultivo de vid desde 2019 a 2022 para Gobernador Duval (GobDuval), Casa de Piedra (CadePi) y 25 de Mayo.

Los resultados obtenidos indican un rango de HH que oscila entre 638 y 886  $\text{m}^3\cdot\text{ton}^{-1}$ , dentro de la cual el 83% de la misma corresponde a la HH azul (Figura 2). Además, en la zona las características climáticas desérticas, de bajas precipitaciones y alta ETc explican los altos valores de HH azul y bajos valores de HH verde. Las HH estimadas difieren entre campañas en cada una de las localidades debido al comportamiento de las distintas variables que influyen en la demanda evaporativa (temperatura, humedad relativa, precipitación, viento) y en los rendimientos alcanzados.

## Conclusiones

Este trabajo es el primero con datos actuales de HH referencial para el cultivo de vid para en la región. A partir de esta información, se plantea trabajar junto al productor en prácticas de manejo para el aumento de la eficiencia en el uso del agua y en prácticas de manejo vitícola (labores en verde, poda diferenciada, entre otras) con el fin de mejorar la productividad en el uso del agua y la competitividad de la región. A su vez, contribuye al ajuste de políticas hídricas actuales y futuras a fin de mejorar la distribución y optimizar el uso del recurso en la cuenca, y planificar el territorio con énfasis en la sostenibilidad local en el marco de la gestión integrada de cuenca.

## Referencias

- Alvarez, A., Morábito, J. A., Schilardi, C. 2016. Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. Rev. FCA UNCUYO. Tomo 48 (1).
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration -Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Roma. 298 pp.
- Cao, X. C., Wu, P. T., Wang, Y. B. y Zhao, X. N. 2014. Assessing blue and green water utilisation in wheat production of China from the perspectives of water footprint and total water use. Hydrology and Earth System Sciences 18: pp 3165–3178.
- Civit, B., Arena P., Piastrellini, R. 2012. Indicadores de sostenibilidad. Huella de carbono y huella hídrica de un viñedo considerando distintos sistemas de riego en Mendoza, Argentina. Enoviticultura, 14, 2–9.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2012. CROPWAT “decisión support system” (en línea). Roma, Italia. Disponible en [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html) Flores-Gallardo, H., Ojeda-Bustamante, W.,
- Fontanella, D. R. y Aumassanne, C. M. 2015. Evapotranspiración de maíz, alfalfa y vid bajo riego en la cuenca media del río Colorado, Argentina. VII Jornadas de actualización en Riego y Fertilización. Mendoza, Argentina.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. Y., Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan Ed., London Washington, DC.228pp. <http://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C. y Fereres, C. E. 2009. AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. Journal of Agronomy. pp 438-447.
- Rodríguez Casado, R., Garrido, A., Llamas M. R. y Varela-Ortega, C. 2008. La huella hidrológica de la agricultura española. Número 2. Papeles de Agua Virtual. Ed. Fundación Marcelino Botín.
- Sartor, P. D., Aumassanne, C. M., Zamora, C. D., Masseroni, M. L., Fontanella, D. R., Álvarez, C., Beget, M. E., Di Bella, C. M. 2018. Análisis de las constantes hídricas en suelos bajo riego de 25 de Mayo, La Pampa. V Congreso Pampeano del Agua. 21 y 22 de marzo. Santa Rosa, La Pampa
- Smith, M. 1999. CROPWAT Windows versión 8.0. FAO. Italia
- Setegn, S. G., Chowdary, V. M., Fikadu Yohannes B. C. y Yasuyuki Kono. 2011. Water Balance Study and Irrigation Strategies for Sustainable Management of a Tropical Ethiopian Lake: A Case Study of Lake Alemaya. Water Resources Management 25: pp 2081–2107