

Estimación de la huella hídrica de alfalfa y maíz en el área bajo riego de la provincia de La Pampa, Argentina.

Carolina M. Aumassanne¹, Dardo R. Fontanella¹, María E. Beget², Carlos M. Di Bella^{2,3} y Paolo D. Sartor¹

¹ Agencia de Extensión Rural de INTA 25 de Mayo, La Pampa

² Instituto de Clima y Agua de INTA Castelar, Buenos Aires

³ Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

E-mail: aumassanne.carolina@inta.gob.ar

RESUMEN:

La huella hídrica (HH) se presenta como un indicador geográfico y temporal de sostenibilidad que permite conocer cuál es el volumen total de agua que se necesita para producir los bienes y servicios de una población. Para la agricultura bajo riego, uno de los aspectos más relevantes de la HH, es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre HH azul y HH verde. El objetivo de este trabajo es estimar la huella hídrica de los cultivos de alfalfa y maíz en la cuenca media del río Colorado. El área de estudio se ubica en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo, La Pampa, donde se evaluaron tres campañas, de 2013 a 2016 desde noviembre a abril. Se utilizó el software CROPWAT que emplea el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETc), requerimientos de agua y riego, en base a datos climáticos, de suelos y de cultivo, a los fines de determinar el uso consuntivo (m^3ha^{-1}). La HH del cultivo de alfalfa promedio es de $1003 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$ y del maíz es de $986.6 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$. La ETc es elevada, y las necesidades de agua se satisfacen mediante el riego, con un HH azul de alrededor del 86% en ambas especies. La información obtenida mediante su aplicación constituirá una herramienta para la toma de decisiones, tanto a nivel de productores, como de los gestores y planificadores del agua. El concepto de HH apunta a un cambio de paradigma en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, en las políticas hídricas a nivel de cuenca, y de manejo a nivel de lote. El foco de análisis es la sustentabilidad, eficiencia, equidad de la distribución y usos del agua; tanto en contextos locales como a nivel de cuenca.

Palabras clave: gestión recursos hídricos, río Colorado, agricultura bajo riego.

INTRODUCCIÓN

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el principal factor limitante al desarrollo agrícola, y el riego es la práctica mediante la cual se satisfacen 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, al entrar 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 relacionara el uso del agua con el consumo humano (Raes *et al.*, 2009). Así, la HH se presenta como un indicador de sostenibilidad complementario que permite conocer cuál es el volumen total de agua que se necesita para producir los bienes y servicios de una población. Para la agricultura bajo riego, uno de los aspectos más relevantes de la HH, es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre HH azul y HH verde (e.g. Cao *et al.*, 2014). De esta forma, la HH total se define como el volumen de agua consumida por unidad de producción y puede descomponerse en HH verde, azul y gris (Hoekstra *et al.*, 2009). El agua verde, procedente de las precipitaciones que queda retenida en el suelo, utilizada por unidad de rendimiento; la HH azul que corresponde al agua azul procedente de ríos, lagos y acuíferos que es aplicada mediante riego, por unidad de rendimiento; y por último, HH gris, refiriéndose a la contaminación, la cual se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en base a los estándares de calidad del agua existentes en el ambiente.

Si la evapotranspiración (ET) es más alta que la precipitación efectiva ocurrida durante el crecimiento del cultivo, la HH verde es igual a la precipitación efectiva; por el contrario, si la ET es menor que precipitación efectiva, el HHverde es igual a la ET (Bocchiola *et al.*, 2013 y Lovarelli *et al.*, 2016). Si el agua verde es insuficiente para cubrir las demandas del cultivo, se requiere de agua azul. En particular, si la ET es más alto que la precipitación, el HH azul es potencialmente igual a la diferencia entre la evapotranspiración y la lluvia (Bocchiola *et al.*, 2013). De lo contrario, HH azul es cero. Esta distinción es importante ya que ambas poseen diferentes características en cuanto a costo de oportunidad e impacto hidrológico y medioambiental, como también son diferentes el manejo y gestión de cada una de ellas (Rodríguez Casado *et al.*, 2008).

En áreas donde la agricultura bajo riego está en expansión, la estimación de los consumos de agua de los cultivos, constituye un dato básico para el diseño de proyectos y planificación de estrategias de riego, así como un indicador de la sustentabilidad ambiental de los recursos hídricos utilizados en su producción. Por tanto, se requieren indicadores que permitan analizar escenarios de manejo y gestión del agua en diferentes condiciones de baja disponibilidad hídrica, mayores rendimientos de los cultivos, o mayor demanda de agua para otros usos. En este sentido, la HH de los cultivos es un indicador geográfico y temporalmente explícito. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es estimar la HH de los cultivos de alfalfa y maíz en la cuenca media del río Colorado. La información obtenida mediante su aplicación constituirá una herramienta para la toma de decisiones, tanto a nivel de productores, como de los gestores y planificadores del agua.

El concepto de HH, al igual que el de Agua Virtual, apunta a un cambio de paradigma en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y en las políticas hídricas, agropecuarias y comerciales en todo el mundo. Su estudio ayuda a identificar cómo y dónde, el consumo en un lugar, puede impactar los recursos hídricos de otro lugar. El foco de análisis es la sustentabilidad, eficiencia y equidad de la distribución y uso del agua en productos o patrones de consumo; tanto en contextos locales o globales, como en regiones geográficas y cuencas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la cuenca media del río Colorado, precisamente en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo, La Pampa (SAM), Argentina (Figura 1).

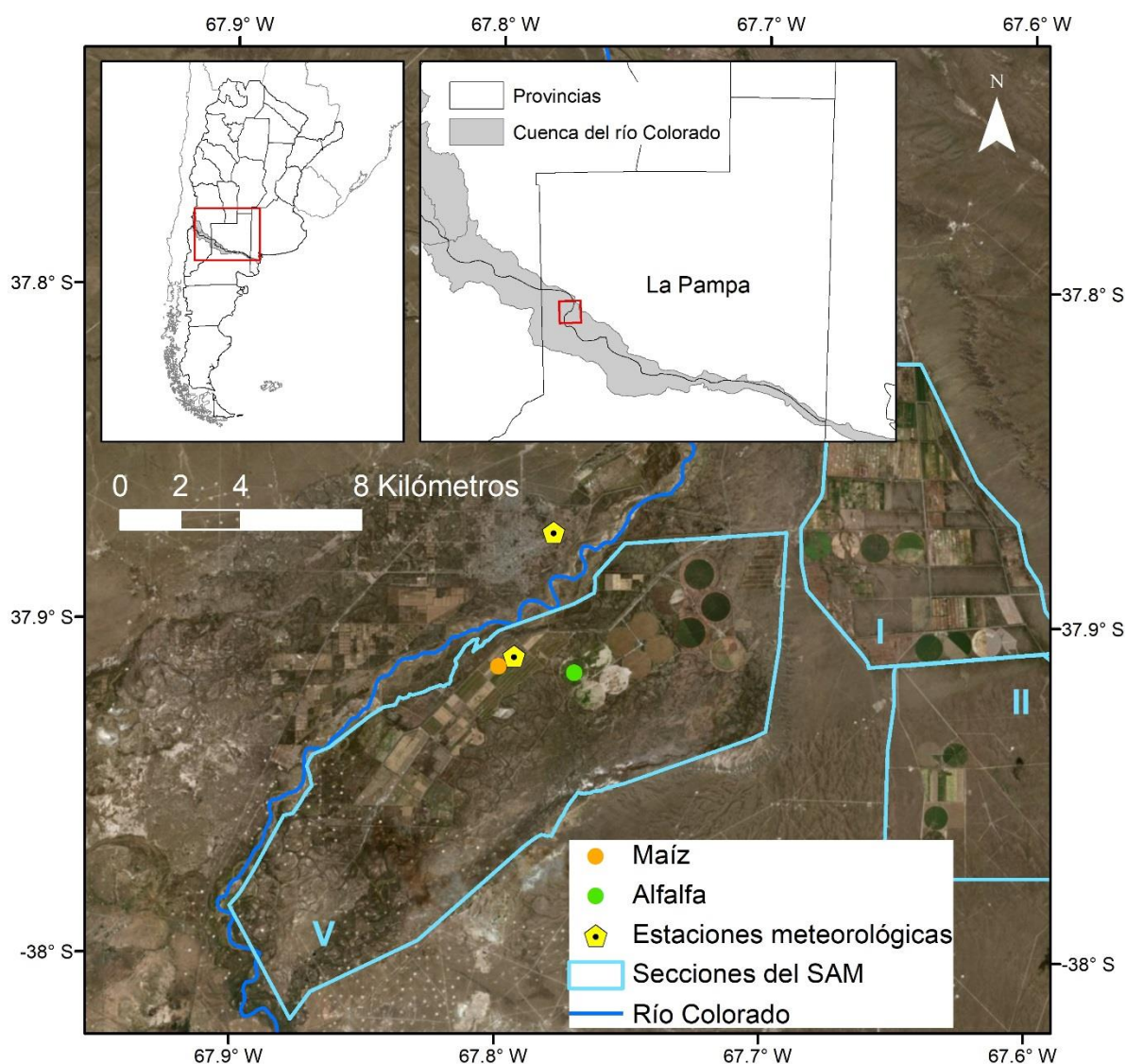


Figura 1.- Localización del área de estudio, secciones del Sistema de Aprovechamiento Múltiple del río Colorado, ubicación de los lotes y estaciones meteorológicas.

Las hectáreas que se encuentran en producción bajo riego SAM, corresponden a las secciones I, II y V, las cuales alcanzaron las 3,338 ha en el año 2015 (Tabla 1). El riego es principalmente por gravedad, aunque en los últimos años se incorporaron hectáreas bajo riego presurizado (pivote, goteo) lo que hizo mejorar la eficiencia de riego promedio de la zona. La producción está diversificada con predominio de los cultivos

forrajeros (Tabla 1). Para el año 2015 el 38.9% de la producción fue alfalfa, seguido por un 17.1% de pasturas asociadas y un 11.1% de maíz. Dado la relevancia de las superficies en producción, se seleccionaron para este estudio los cultivos de alfalfa y maíz.

Tabla 1.- Superficie (has) ocupada por los cultivos y métodos de riego en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo (La Pampa). Fuente: Cámara de productores bajo riego. Consulta: diciembre de 2015

Cultivo	Gravitacional	Pivote	Goteo	Aspersión fija	Total
Alfalfa	810	490			1300 (38,9%)
Maíz	230	140			370 (11,1%)
Verdeos de verano	190	80			270 (8,1%)
Pastura asociada	530	40			570 (17,1%)
Vid			140		140 (4,2%)
Nogales	70				70 (2,1%)
Cebolla		50		50	100 (3,0 %)
Zanahoria				50	50 (1,5%)
Papa		50		50	100 (3,0%)
Álamos	368				368 (11,0%)
<i>Total</i>	2,198	850	140	150	3,338

El clima de la zona es continental, árido y mesotérmico. La precipitación media anual es de 263 mm, llegando a cubrir aproximadamente el 20% de las necesidades potenciales de agua (Interconsul, 1982). La época de mayor precipitación es el semestre cálido (octubre a marzo), con picos máximos al principio y al fin del período. La temperatura media anual es de 14.6°C. El mes más cálido es enero, con una temperatura media de 23.5°C y los meses más fríos son junio y julio con una temperatura media de 6.2°C, dando lugar a un período medio libre de heladas de 158 días. La velocidad media del viento es de 6.18 Km/h, con dirección dominante sudoeste.

Los suelos presentan un escaso desarrollo. El proceso de pedogénesis está en su fase inicial, los contenidos de materia orgánica y nitrógeno son bajos, y pertenecen al orden Entisoles y se clasifican como Torripsamments típicos y Torriortentes (Cano *et al.*, 1980). En un perfil pedológico de la zona se puede observar que, con excepción de las lomas con gravas, los suelos de las demás geoformas presentan una sucesión de estratos constituidos por arenas eólicas depositadas sobre un material aluvial; por debajo se distinguen un manto de grava y un estrato impermeable subyacente a la grava. El material eólico arenoso es no carbonatado y no salino. Este estrato aluvial varía de texturas moderadamente finas hasta moderadamente gruesas (franco arcillo - arenosa hasta franco arenosa), es de color pardo rojizo claro y presenta además contenidos de carbonatos y sales en paleocauces. Todos los suelos de la zona descansan a una cierta profundidad sobre un manto de grava,

mezclado con un material que, por lo menos en su parte superior, varía entre texturas arenosa hasta franco arcillo-arenosa.

Cálculo de huella hídrica. Cropwat

Se utilizó la metodología presentada 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 solo 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 de los cultivos (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^3ha^{-1}).

El CROPWAT puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos. Presenta la ventaja de ser relativamente sencillo en comparación con otros similares, obteniendo resultados confiables (Cortés Bello, 2013; Raes *et al.*, 2009) y se ha utilizado con buen ajuste en varias regiones agrícolas del mundo (Flores Gallardo *et al.*, 2013). Las unidades para expresar el contenido de agua virtual de un producto se miden en metros cúbicos de agua por tonelada de producto.

Recolección de datos. Entradas de CROPWAT

Se evaluaron tres campañas: 2013/2014- 2014/2015 y 2015/2016, desde noviembre a abril.

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 una estación meteorológica situada el Establecimiento Curacó (sección V), a 20 km de la localidad de 25 de Mayo (La Pampa), y a menos de 5 Km de los lotes evaluados, la cual pertenece a la Agencia de Extensión Rural de 25 de Mayo del INTA y de otra estación que pertenece al Departamento Provincial del Agua, ubicada en la localidad de Catriel (Río Negro), a 4 km de los lotes evaluados.

Información de cultivos. Se seleccionaron lotes de alfalfa ($37^{\circ} 54' 53,03''\text{S } 67^{\circ}46'16,52''\text{O}$) y maíz ($37^{\circ}56'29,74''\text{S } 67^{\circ}50'23,28''\text{O}$) ubicados en la sección V del SAM en los cuales se realizó el seguimiento de los cultivos y muestreos de suelo.

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 de los cultivos (K_c) 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 de los cultivos fue evaluado mediante mediciones semanales durante el ciclo del cultivo en el caso de la alfalfa y en el maíz mediante la determinación de rendimiento al fin del ciclo del cultivo.

Información de suelo. En primer lugar, la humedad del suelo total disponible, que es la diferencia entre la capacidad de Campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) (FAO 2012) y es expresado en milímetros (mm) por metro de profundidad del suelo fue tomada de Sartor *et al.*, (2018). La tasa máxima de infiltración de la precipitación, la cual se refiere a la lámina de agua que puede el suelo infiltrar durante 24 horas los valores de referencia para suelos arenosos fueron tomados de FAO (2012). La profundidad radicular máxima expresada en centímetros (cm) se midió en el campo tomando como referencia el manto de ripio que produciría un impedimento al paso de las raíces. Por último, el agotamiento inicial de humedad de suelo (% de ADT) y la humedad del suelo disponible inicialmente, al inicio de la siembra del cultivo que fue medida a campo y estimada por gravimetría; se expresa en milímetros por metro de profundidad del suelo.

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, a partir de la información meteorológica, de suelo y de cultivo señalada anteriormente. Se utilizó la opción de cálculo basado en los requisitos de agua de los cultivos. Esta opción calcula la ET en condiciones óptimas (Allen *et al.*, 1998), lo que significa que la evapotranspiración del cultivo (ET_c) es igual a las necesidades de agua de los cultivos (NAC). La ET_c se calcula en periodos de diez días y durante la temporada completa de crecimiento. Para calcular la precipitación efectiva, se eligió el SCS USDA (USDA Soil Conservation Service) ya que es uno de los métodos más utilizados (e.g. Setegn *et al.*, 2011) El modelo calcula la ET_c de la siguiente manera (Ecuación 1):

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad [\text{Período / tiempo}] \quad (1)$$

Donde:

K_c : coeficiente del cultivo, que incorpora las características del cultivo y un promedio de efectos de la evaporación del suelo.

ET_o : representa la 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 calcula como el mínimo de la evapotranspiración total del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva (Peff), con un intervalo de tiempo de diez días y luego se suma durante el período de crecimiento. La evapotranspiración del agua azul (ETazul) se calcula como la diferencia entre la evapotranspiración total del cultivo (ETc) y la precipitación total efectiva (Peff) sobre una base de diez días. Cuando la lluvia efectiva es mayor que la evapotranspiración del cultivo de la cosecha total la ET azul es igual a cero. Luego se suma la ETazul durante todo el período de crecimiento.

La ETc estimada en milímetros, se convierte en m³. ha⁻¹ aplicando un factor de 10 veces para obtener las NAC verde y azul en m³ha⁻¹. El componente verde de la HH de un proceso de cultivo (HHproc,verde, m³ton⁻¹) se calcula como el componente verde en el uso de agua de los cultivos (NACverde, m³ha⁻¹) dividido por el rendimiento de los cultivos Y (tonha⁻¹) (Ecuación 2). El componente azul (HHproc,azul, m³ton⁻¹) se calcula de forma similar (Ecuación 3):

$$HH \text{ verde} = \frac{NAC \text{ verde}}{Y} \quad (2)$$

$$HH \text{ azul} = \frac{NAC \text{ azul}}{Y} \quad (3)$$

RESULTADOS

La ETc de alfalfa en las tres campañas evaluadas, varía entre 1,427 y 1,040.3 mm/período, para ello se requiere de agua de riego entre 1,235.8 y 857.1 mm que representan entre el 86.5 y 82.4% de la demanda total. En el caso del cultivo de maíz, se obtuvieron valores entre 552.1 a 864.5 mm/período, con una demanda de agua de riego que varía entre 423.6 y 777.3 mm/período, que significa entre el 76 y el 89.9%, respectivamente. A partir de los resultados obtenidos de ETc, precipitación efectiva y requerimiento de riego, se calculó las NAC verde y azul (m³ha⁻¹) para alfalfa y maíz en las tres campañas analizadas (Tabla 2).

Tabla 2.- Necesidad de agua de los cultivos verde (NAC verde) y azul (NAC azul) para alfalfa y maíz durante las tres campañas evaluadas.

Cultivos	Campañas	NAC verde	NAC azul
		(m ³ ha ⁻¹)	
Alfalfa	2013-2014	1,961	12,356
	2014-2015	1,330	10,364
	2015-2016	1,861	8,573
Maíz	2013-2014	881	7,772
	2014-2015	554	6,676
	2015-2016	1,317	4,235

La HH del cultivo de alfalfa promedio es de $1,003.6 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$ y del maíz es de $986.6 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$, el valor de cada campaña puede observarse en la Figura 2. Los valores medios mundiales de HH verde para maíz, en agricultura de regadío para el período 1996-2005 fue de $595 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$ y la HH azul de $294 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$ (Mekonnen y Hoekstra, 2011), con un total de $889 \text{ m}^3\text{ton}^{-1}$. Los altos valores alcanzados en el caso del maíz podrían deberse a los bajos rendimientos obtenidos en los lotes seleccionados, y que representan el promedio de producción con ese manejo. Cabe recordar que se respetaron las condiciones de manejo y producción de los productores de la zona. 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.

En el SAM la HH azul promedio de la alfalfa del representa el 85.6% y el 86.1% en maíz y la HH verde el 14.4 y 14.9%, respectivamente. Para ambos cultivos la HH azul es mayor que la verde debido a que la producción se realiza bajo riego integral, entendiendo este, por aportes que cubren las NAC por encima del 70%.

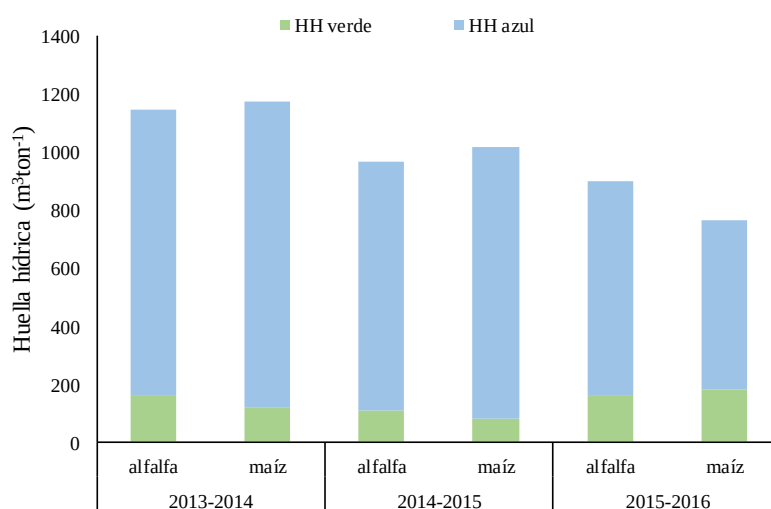


Figura 2. Huella hídrica del cultivo de maíz y alfalfa para las tres campañas evaluadas. Sectores azules de la barra representan la huella hídrica azul y los sectores en verde la huella hídrica verde estimada.

Las HH calculadas para cada cultivo difieren entre las campañas evaluadas producto de las diferencias de variables que incluyen en la demanda evaporativa (temperatura, humedad relativa, precipitación y viento) y en los rendimientos alcanzados a nivel de lote (Figura 2).

En el SAM la dotación de riego es de $1.0 \text{ lts seg}^{-1}\text{ha}^{-1}$. De acuerdo a la superficie en producción de los cultivos bajo estudio (Tabla 3), el caudal potencial disponible varía entre 41.2 y 42.3 Hm^3 dependiendo de la campaña analizada. La HH total para los cultivos de alfalfa y maíz por campaña es de 20.2 ; 17.2 y 15.6 Hm^3 esto representa el 48.0; 41.6 y 36.1% del total de agua potencial disponible en el sistema de riego.

Tabla 3.- Superficie bajo riego cosechada en la provincia de La Pampa para las tres campañas evaluadas, rendimiento promedio por campaña para alfalfa y maíz (ton/ha) y huella hídrica de alfalfa y maíz en el Sistema de Aprovechamiento Múltiple de 25 de Mayo, La Pampa.

Cultivo	Campaña	Superficie (ha)	Rendimiento (tonha⁻¹)	HH total (Hm³)
Alfalfa	2013-2014	1,100	12.5	15.7
	2014-2015	1,270	12.1	14.8
	2015-2016	1,300	11.6	13.6
Maíz	2013-2014	520	7.36	4.5
	2014-2015	320	7.10	2.3
	2015-2016	370	7.25	2.1

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos son una primera aproximación para la estimación de la huella hídrica de los principales cultivos de la cuenca media del río Colorado. Es el primer trabajo con datos actuales, de las últimas campañas, y mediciones a campo, que permitirá ajustar los valores de HH de las demás producciones de la región.

A partir de los resultados obtenidos se podría promover modos de producción más eficientes en cuanto al uso del agua (sistemas de riego o tipos de cultivos) y el rendimiento de los cultivos, actual y potencial, mediante la aplicación de prácticas y tecnologías que permitan aumentar la eficiencia en el uso del agua. Se debe planificar el territorio con énfasis en la sostenibilidad local, en un contexto global a nivel de cuenca. De esta forma, las investigaciones sobre HH colaboran en el análisis y el diseño de las políticas del agua.

Los próximos pasos en esta línea de investigación es validar estos resultados con la utilización de otras metodologías o suplementar con mayores mediciones a campo. Además, extender a los demás cultivos que se desarrollan actualmente en toda la cuenca del río Colorado.

REFERENCIAS

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.
- Bocchiola, D., Nana, E., Soncini, A. 2013. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agricultural Water Management* 116: 50- 61.
- Cano, E., Casagrande, G., Conti, H., Salazar Lea Plaza, J., Peña Zubiarte, C., Maldonado Pinedo, D., Martínez, H., Hevia, R., Scoppa, C., Fernández, B., Montes, M., Musto, J. y Pittaluga, A. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. ISAG, Buenos Aires. 493 p.
- 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.
- Cortés Bello, C. A. 2013. Uso del modelo AquaCrop para estimar rendimientos para el cultivo de caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2012. CROPWAT “decision support system” (en línea). Roma, Italia. Disponible en http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html
- Flores-Gallardo, H., Ojeda-Bustamante, W., Flores-Magdaleno, H., Sifuentes-Ibarra, H. y Mejía- Sáenz, E. 2013. Simulación del rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el norte de Sinaloa usando el modelo AquaCrop. *Agrociencia*. 47: pp 347-359.
- 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. Y., Chapagain, A. J., Aldaya, M. M. y Mekonnen, M. M. 2009. Water Footprint Manual. State of the Art 2009. Water Footprint Report. Water Footprint Network.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Aldaya, M. M.; Mekonnen, M. M. 2010. Manual de Evaluación de la huella hídrica. Definiendo una norma global.
- Interconsul S. A., Ade S. A., Franklin Consultora S. A. 1982. Estudio de revisión y actualización del sistema de aprovechamiento múltiple del Río Colorado en Colonia 25 de Mayo - La Pampa. Informe Final. Sumario Plan de Desarrollo. Consejo Federal de Inversiones.
- Lovarelli, D., Bacenetti, J. y Fiala, M. 2016. Water Footprint of crop productions: A review. *Science of the Total Environment* 548–549: pp 236–251.
- Mekonnen M. M. y Hoekstra A. Y. 2011. Green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: pp1577–1600
- 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

Agradecimientos. *Se agradece al Ente Provincial del Río Colorado (Gobierno de La Pampa) y al Departamento Provincial del Agua (Río Negro) por brindarnos la información climática de la zona. Además, al Establecimiento Curacó y Zille Agro por permitirnos realizar el seguimiento de los cultivos, y brindarnos información de manejo de los mismos.*