

# Huella hídrica y productividad aparente del agua en el cultivo de alfalfa, en la localidad de 25 de Mayo, La Pampa, Argentina

Jorge Domínguez, Alan Villegas Peña y Gustavo Mozeris

## Resumen

El agua es uno de los recursos de mayor vulnerabilidad dada la multiplicidad de servicios ecosistémicos que brinda. Es un bien social y económico y como tal debe ser administrado, asumiendo su carácter de bien escaso y el derecho a su acceso por parte del conjunto de la sociedad. El presente trabajo tiene por objetivo determinar dos indicadores que miden la eficiencia del uso del agua para analizar la producción de alfalfa bajo riego en la localidad de 25 de Mayo, provincia de La Pampa, Argentina: la Huella Hídrica (HH) y la Productividad Aparente del Agua (AWP). En dicha zona la necesidad de suministro de agua convierte este recurso en un eje estructurador de toda la producción, siendo esencial el estudio de las alternativas de uso del agua para la planificación territorial. Mediante un proceso de índole agroindustrial -de elevada deshidratación- se obtienen de la alfalfa pellets, harina, cubos, rollos y fardos. Se confeccionaron balances hídricos mediante la utilización del programa CROPWAT 8.0 de FAO, lo que permitió estimar la HH verde y la HH azul. Utilizando los rendimientos promedio de la alfalfa en la región se estimó la AWP para conocer el valor económico del producto por metro cúbico de agua consumida, en la región analizada. Los resultados fueron comparados con otros trabajos de carácter empírico realizados en la zona, estableciéndose que las diferencias se deben a la mayor amplitud térmica registrada en los últimos años, con la consiguiente mayor demanda de agua.

**Palabras clave:** alfalfa, huella hídrica, planificación territorial, desarrollo sostenible.

## Introducción

En las últimas décadas hubo un interés creciente por el uso eficiente del agua. El recurso hídrico se puede evaluar mediante el análisis de su disponibilidad y calidad, pero también resulta imprescindible para toda validación: i. analizar su procedencia, ii. la finalidad que se le asigna (relacionada con la actividad productiva), iii. la eficiencia de su utilización y iv. los efectos que se generan en el ambiente por su uso (Abraham, Fusari & Salomón, 2005). La provisión de agua mediante riego implica un costo,

por lo que solo las actividades que resulten rentables gracias a su utilización serán las elegidas para ser llevadas a cabo. Pero como el agua es un recurso de utilización múltiple, resulta importante determinar costos y beneficios, -directos e indirectos, que dicho uso genera en el sistema económico-social regional donde opera, incorporando también aspectos inherentes al bienestar de la sociedad.

Entre los indicadores que se desarrollaron con el objeto de contribuir a la gestión integral de los recursos hídricos, se destaca el de Agua Virtual (AV) y el de Huella Hídrica (HH). Ambos suelen ser un punto de referencia para analizar el consumo de agua a escala temporal y espacial, a pesar de presentar algunas limitantes conceptuales para abordar la temática de la gestión del recurso (Pagliettini, et al, 2019).

En 1993, John A. Allan, introdujo el concepto de AV o agua encriptada, que hace referencia a la cantidad de agua dulce utilizada para la elaboración de un producto (Allan, 1998; Hoekstra & Hung, 2002). Es un concepto nacido de la preocupación por la escasez del recurso que existe en algunas regiones o países, con el objeto de gestionarlo de manera más eficiente, como por ejemplo evitando producir aquellos bienes que necesiten mucha agua para su fabricación e importarlos de otros países. De tal forma, el ahorro hídrico se puede destinar a satisfacer otras necesidades de la población. La pretensión es medir el intercambio en términos de flujos de agua virtual entre países productores sin problemas hídricos y los países donde el agua escasea. Queda establecido por lo tanto un vínculo entre el agua, los alimentos y el comercio exterior.

La idea de considerar el uso del agua a lo largo de las cadenas de suministro ha ganado interés después de la introducción del concepto de HH. Dicho concepto fue desarrollado por Hoekstra (2003), y se usa para saber cuánta agua dulce es utilizada en el desarrollo de cualquier actividad humana. Esto puede ser utilizado como herramienta de análisis de la producción de bienes y servicios realizados por un productor, una empresa, un proceso, un producto o un área geográfica. Pretende por lo tanto ser un indicador de la apropiación del agua dulce por el objeto/sujeto que se quiere relevar. El concepto encierra una versatilidad de uso muy amplia. Puede expresarse por unidad de producto, por persona, comunidad o por país, en una dimensión temporal y/o espacial.

La HH se puede expresar también por colores, de acuerdo a la siguiente clasificación:

HH verde: relacionada con el agua de lluvia incorporada en el producto.

HH azul: relacionada con el uso consuntivo de agua dulce (superficial o subterránea) evapotranspirada.

HH gris: relacionada con la calidad del agua y su posible contaminación debido a los vertidos.

Esto permite incorporar un elemento importante de diseño de política hídrica, dado el diferente costo de oportunidad que tiene el agua consumida en la producción primaria.

La determinación de la HH resulta un paso para hallar la Productividad Aparente del Agua (PAA) (Garrido, et al, 2010; Salmoral et al, 2011 y Arévalo Uribe & Campuzano Ochoa, 2013), concepto utilizado para definir el valor económico de los bienes producidos por unidad de agua consumida.

La obtención de la HH en el cultivo de alfalfa obedece a que se trata de un producto cuya finalidad es la utilización de su biomasa como forraje en zona semiárida, con escasez de agua; se cosecha toda la parte aérea de la planta y no solo el grano (excepto para la producción de semilla). En el área de 25 de Mayo (provincia de La Pampa, Argentina) la producción de alfalfa es bajo riego. Resulta ser un cultivo apropiado también para la práctica de riego complementario por aspersion, lo que está

comenzando a predominar en los últimos años en la región, en vez del riego por surco, ya que es un cultivo perenne que puede durar en promedio cinco años, de cobertura total del suelo.

Además, la alfalfa es una de las especies forrajeras de mayor calidad nutritiva y siempre tuvo un mercado consolidado de compra-venta de heno, a diferencia de otros alimentos, puros o consociados, cuyo destino principal son reservas forrajeras para su uso dentro de los mismos establecimientos. La alfalfa se comercializa en forma pura, y tradicionalmente su presentación para la venta es bajo la forma de rollos o fardos. La comercialización tiene como principales puntos de ineficiencia la cuestión de la forma y del volumen del producto final, con el consecuente impacto en los costos de transporte. En los últimos años, sin embargo, el producto comenzó a tener como presentación para la venta otras formas. Por un lado, el denominado mega fardo, que hace más eficiente la operación del transporte al tratarse de menos unidades para un mismo peso total, lo que permite un mejor aprovechamiento espacial en el acoplado. Por otra parte, está en crecimiento la producción de pellets y cubos de alfalfa, es decir el producto compactado y con menor nivel de volumen y humedad que el fardo/rollo tradicional. Estas presentaciones del forraje conservado y del alimento en forma de concentrado consolidan y le otorgan importancia al tramo agroindustrial de la cadena del producto por el valor agregado que implica el mismo. Las perspectivas del mercado del producto presentado así son promisorias, potenciando un abastecimiento interno más eficiente y competitivo, así como la posibilidad que Argentina se consolide como exportador, en un mercado de demanda creciente.

Todo el proceso de producción primaria e inmediato procesamiento (cubos, pellets) implica una pérdida sustancial de volumen y de agua. Por otro lado, el aporte de agua mediante el riego complementario, también es sustancial. Se trata por lo tanto de un producto que en esa zona requiere provisión de agua, se aprovecha la planta entera, y posteriormente se comercializa en condiciones de deshidratación. De esta forma, la eficiencia en el uso del agua resulta por lo tanto un aspecto relevante.

### El Río Colorado

La cuenca del Río Colorado está jurisdiccionalmente repartida entre las provincias de Mendoza, Neuquén, La Pampa, Río Negro y Buenos Aires. El Río Colorado tiene un derrame anual promedio de 4.380 hm<sup>3</sup>. La superficie de la cuenca es de 47.459 km<sup>2</sup> y su recorrido total de 1.200 km. Su caudal medio anual es de 138,8 m<sup>3</sup>/s, con estacionalidad primavera-estival, atribuida a su régimen nival (COIRCO, 2013). Ocurren crecidas cíclicas, en las cuales el caudal puede superar los 1.000 m<sup>3</sup>/s. Todos los años los máximos caudales ordinarios se dan entre los meses de octubre y enero (época de deshielo), meses en los cuales los caudales suelen superar los 500 m<sup>3</sup>/s. La dependencia del régimen nival crea desbalances importantes como en este año (2020), donde la reducción de su caudal fue drástica, obligando al establecimiento de vedas de riego (COIRCO, 2020). Esta situación de escasez, que viene manifestándose en los últimos años, convierte a la oferta de agua para riego en objeto económico de relevancia.

Su nombre hace referencia a su tonalidad, debida a los sedimentos que provienen de secuencias clásticas (areniscas, pelitas y conglomerados), intensamente afectadas por el proceso de erosión fluvial, por cursos (algunos estacionales) tributarios locales del río, los cuales llegan en general mediante extensos conos aluviales de gran pendiente, sobre todo en áreas cordilleranas. Esta condición se mantiene hasta el embalse de Casa de Piedra, donde dichos sedimentos clásticos se depositan (Halcrow, 2013).

Las aguas del Río Colorado poseen un contenido de sales elevados, con valores de conductividad (indicador de salinidad) que oscila entre 0.9 -1.80 dS.m<sup>-1</sup>. (2,0 dS.m<sup>-1</sup> se considera el valor límite). Esto también se traduce en el agua de drenaje, cuyos tenores salinos en las áreas regadas con aguas del río superan en promedio por ejemplo a las de los cercanos ríos Negro y Neuquén. Sin embargo, las aguas de riego del Río Colorado arrastran un nivel alto de Sulfato de Calcio, con lo cual el pH rara vez supera las 7,8 unidades y la Relación de Absorción de Sodio (RAS) muestra valores usualmente de 3-4 generando una categoría de agua clase C3S1 en la clasificación de Riverside (C3, apta con precauciones: 0,75-2,25 ds.m<sup>-1</sup>. S1, baja peligrosidad sódica: RAS- 0-10), de calidad de agua para riego. La adecuada permeabilidad de los suelos de la zona, por lo general haplustoles énticos o típicos de textura arenosa- franca, posibilitan el uso del agua, siendo solo, eventualmente, el efecto degradante la salinidad y no la sodicidad (ONU, 2015).

En la provincia de La Pampa, se riega el área de 25 de mayo con las aguas del Colorado, donde la CE es reducida debido a la escasa disolución de sales en la cuenca superior. Las áreas regadas de El Sauzal y 25 de Mayo (37°46' S, 67°43'W), registran una salinidad estable de un 10% en su superficie regada.

### 25 de Mayo, La Pampa, Argentina

25 de Mayo es una ciudad en el extremo sudoeste de la provincia de La Pampa, Argentina, sobre el denominado Alto Valle del Río Colorado, en el desierto pampeano-patagónico (Fig. 1). Es la cabecera del departamento Puelén, ubicada a 411 km de Santa Rosa, Capital de la Provincia. A partir de los años 50 se le quitó la denominación de "Colonia", pero se la continúa nombrando de esa forma. Fue fundada el 26 de julio de 1909, por decreto del presidente argentino José Figueroa Alcorta.



**Fig. 1. 25 de Mayo. Ubicación.**

Se ha convertido en la cuarta ciudad de la provincia, dado que su producción de petróleo y gas es la más importante de la provincia de La Pampa, y, por lo tanto, en la de mayores ingresos, por sus regalías en concepto de hidrocarburos. Mediante el decreto N° 1033/12, firmado por el gobernador de La Pampa, Oscar Mario Jorge, se designó a 25 de Mayo "Capital Provincial de la Alfalfa y el Petróleo".

El clima de la región donde está emplazada la ciudad se puede considerar como continental moderado, con otoños y primaveras suaves, veranos cálidos e inviernos fríos. También se presentan fuertes vientos fríos y secos. Hay una vegetación xerófila, arbustiva, a excepción de las riberas mismas del río, donde abundan las salicáceas. La zona agrícola del sudoeste pampeano presenta

características climáticas áridas, con continentalidad moderada: una temperatura media anual de 15 °C, con registro de amplitudes térmicas diarias y anuales elevadas. El promedio de precipitaciones oscila en 250 mm, siendo los meses más lluviosos los de octubre a marzo. Debido a su condición de aridez, la actividad agrícola del sudoeste pampeano se desarrolla mediante riego integral, con el aporte de agua proveniente del Río Colorado.

Según el Censo 2010 la ciudad tiene una población de 8.507 habitantes (INDEC, 2010), lo que representa un incremento frente a los 6.962 habitantes (INDEC, 2001) del censo anterior. A partir de la actividad petrolera antes mencionada se ha registrado un aumento de la población. La composición de la misma fue de 4.404 varones y 4.103 mujeres (índice de masculinidad del 107.34%). También se contabilizaron 2.909 viviendas, un notorio incremento frente a las 1.814 del censo anterior.

El Censo Nacional Agropecuario 2018 señaló que la superficie implantada de la región totaliza 3156 ha. De las mismas, 100 ha correspondieron a trigo, 452 ha a forrajeras anuales (297 ha de maíz y 155 ha de sorgo), 2469 ha de forrajeras perennes, 85 ha de nogales y 50 ha de bosques implantados (cortinas forestales de álamo).

La superficie de forrajeras perennes se compone a su vez de 1528 ha de alfalfa pura, 249 ha de alfalfa consociada, y 692 ha de otras especies consociadas, en un total de 10 explotaciones (en 14 parcelas).

El Censo Nacional Agropecuario 2002, determinó una superficie implantada con forrajeras perennes de 1245 ha, de las cuales 1176 ha correspondían a la implantación de alfalfa pura, 61 ha a alfalfa consociada y 8 ha de otras especies puras. Esta información señala un incremento intercensal del 30% en la superficie implantada por alfalfa.

La alfalfa constituye por lo tanto el cultivo principal de la zona (en menor proporción el maíz), bajo riego gravitacional y presurizado. En los últimos años se ha expandido la instalación de equipos de riego presurizado -pivote central- sobre tierras vírgenes o en reemplazo de riego gravitacional. En total, sumando el área de riego potencial de 25 de Mayo y de la vecina localidad de El Sauzal, se proyectan regar alrededor de 50.000 ha.

El área de estudio corresponde al Sistema de Aprovechamiento Múltiple (SAM) del Río Colorado, en el sudoeste de la provincia de La Pampa (Fig. 1). En el mismo se cuenta con obras e infraestructura para regar 82.000 ha, según el programa de habilitación de áreas de riego y distribución de caudales del Río Colorado.

### Objetivo

El objetivo del presente trabajo es estimar la HH del cultivo de alfalfa en 25 de Mayo, provincia de La Pampa y a partir del mismo determinar la AWP del kilogramo producido en la región.

## Metodología

El área del presente estudio comprende al SAM de 25 de Mayo, ubicado en la cuenca media del Colorado. Por su mayor porcentaje de tierras en planicie, se destina a una producción diversificada, donde destaca la producción de alfalfa (Dillon, 2013).

Para el cálculo de la HH en alfalfa previamente se determinaron los Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC), los que equivalen a la cantidad de agua necesaria para el crecimiento y desarrollo de la planta, los cuales se calculan por la acumulación de datos de evapotranspiración diaria del cultivo

a lo largo de dichos periodos. Para el cumplimiento de la misma, se siguió la metodología presentada por Hoekstra (2003) y Hoekstra, et al (2011), calculándose la HH verde (agua de lluvia) y azul (agua de riego). Para su determinación se utilizó el programa COPWAT 8.0 de la FAO (FAO, 2006). Dicho programa es en esencia un programa de determinación de balance hídrico, el cual utiliza información climática, edáfica y fenológica

La información meteorológica utilizada fue la relevada por la Estación Meteorológica Catriel (Provincia de Río Negro), ubicada en la orilla opuesta del Río Colorado. De allí se obtuvieron series que abarcan los años 2010-2018. Las variables relevadas fueron los de temperatura media mensual, temperatura mínima media, máxima media, precipitaciones y velocidad media del viento. Por falta de datos sobre la humedad relativa, se utilizó información de la base de datos de CLIMWAT 2.0 para CROPWAT 8.0. obtenida de la Estación Meteorológica de Cipolletti, provincia de Río Negro, la más cercana que la tenía (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Temperaturas medias, humedad, precipitación y velocidad del viento registradas en el período 2010-2018 registradas en la localidad de Catriel y Cipolletti, provincia de Río Negro.**

Meses	Temperatura media mensual (°C)	Temperatura mínima media mensual (°C)	Temperatura máxima media mensual (°C)	Precipitación media mensual (mm)	Velocidad media del viento (km . h <sup>-1</sup> )	Humedad relativa (*) (%)
Ene	24.8	16.3	33.1	33	4.4	52
Feb	23.3	15.3	31.3	18	3.3	57
Mar	20.1	12.2	27.9	23	3.0	64
Abr	14.8	7.7	22.0	45	1.7	72
May	10.2	4.6	16.0	11	1.3	73
Jun	8.0	1.7	14.5	6	1.1	78
Jul	8.1	0.9	13.0	12	2.4	80
Ago	9.8	2.8	17.2	8	3.5	69

<b>Sep</b>	12.9	5.5	20.7	21	4.1	50
<b>Oct</b>	15.9	8.6	22.7	40	3.8	48
<b>Nov</b>	20.1	11.7	28.0	22	4.8	46
<b>Dic</b>	23.5	14.1	31.5	15	4.6	45
<b>Promedio / Total</b>	<b>16.0</b>	<b>8.4</b>	<b>23.2</b>	<b>255</b>	<b>3.2</b>	<b>61</b>

Fuente: Estación meteorológica Catriel.

\*Humedad relativa: Estación Meteorológica Cipoletti.

Respecto a la información del cultivo de alfalfa se consideraron rendimientos de 11.000 kg MS/ha, valores promedio de Patagonia de Norte bajo riego. El coeficiente de los cultivos (Kc) y las fases de crecimiento fueron obtenidos de trabajos realizados en la misma región por Fontanella & Aumassanne (2015). En el caso de la fracción de agotamiento crítico y el factor de respuesta de la productividad del cultivo, ambos fueron tomados del Cuaderno Técnico Nº 56 (FAO, 2006). Finalmente, en lo que respecta a la información del suelo, se consideraron parámetros para suelos Franco Arenosos (FA), en base a Aumassanne, et al (2019) y FAO (2006) (Cuadro 2).

7

## Cuadro 2. Parámetros del suelo para la determinación del uso consuntivo de agua

Parámetros	Valores
Humedad de suelo disponible total (mm . m <sup>-1</sup> )	120
Taza máxima de infiltración de la precipitación (mm . día <sup>-1</sup> )	250
Profundidad radicular máxima (cm)	140
Agotamiento inicial de humedad de suelo (% de ADT)	10
Humedad de suelo inicialmente disponible (mm . m <sup>-1</sup> )	108

La evapotranspiración real (llamada también uso consuntivo de un cultivo) es una variable de difícil medición directa; no se realiza en las estaciones meteorológicas y solo se lleva a cabo en mediciones asociadas a ensayos específicos. El CROPWAT estima la evapotranspiración utilizando la metodología de Penman-Monteith (Allen, et al 1994). La misma determina la evapotranspiración del cultivo especificado, mediante el uso de coeficientes de cultivo (Kc) que afectan el previo cálculo de la Evapotranspiración Potencial, la que a su vez es estimada a partir de información climática,

promedio a su vez de datos meteorológicos: temperaturas máxima y mínima, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y heliofanía.

El cálculo de Evapotranspiración verde (mm) se realizó según:

$$ET_{verde} [mm] = \min (ETc, P_{eff}) \text{ y } HH_{verde} [m^3 \cdot ha^{-1}] = ET_{verde} [mm] \cdot 10 \text{ m}^3 \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$$

Siendo: ETc: evapotranspiración del cultivo y P<sub>eff</sub>: precipitación efectiva

$$\text{Luego, } HH_{verde} (m^3 \cdot t^{-1}) = HH_{verde} (m^3 \cdot ha^{-1}) / \text{Rendimiento} (t \cdot ha^{-1})$$

El cálculo de la Evapotranspiración azul (mm) se realizó según:

$$ET_{azul} [mm] = \max (0, \text{irrigación efectiva}) \text{ e } Irr. \text{ Ef. } [mm] = Req. \text{ Hidr. Del cvo} - P_{eff}$$

$$\text{Luego, } HH_{azul} (m^3 \cdot t^{-1}) = (ET_{azul} [mm] \cdot 10 \text{ m}^3 \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}) / \text{Rendimiento} (t \cdot ha^{-1})$$

$$HH = HH_{azul} + HH_{verde}$$

Los valores obtenidos de HH utilizada por el cultivo de alfalfa fueron relacionados con los ingresos generados por la producción de alfalfa en la región. A partir de dicha relación se estimó el valor por m<sup>3</sup> de agua para el cultivo de alfalfa de la siguiente manera:

$$\text{Precio de la alfalfa } (\$ \cdot kg^{-1}) = \text{precio del fardo } (\$ \cdot un^{-1}) / \text{peso del fardo } (kg \cdot un^{-1})$$

La productividad aparente del agua (APW) se calculó:

$$AWP (\$ \cdot m^3^{-1}) = \text{Precio de la alfalfa } (\$ \cdot kg^{-1}) \cdot \text{Rendimiento} (kg \cdot ha^{-1}) / HH (m^3 \cdot ha^{-1})$$

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos (Cuadro 3), considerando un promedio de información meteorológica de la serie de años 2010-2018 indican una HH de 1.163 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>. De este valor, 199 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup> (17%) corresponden a huella verde y 964 m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup> (83%) corresponden a huella azul.

Estimado la AWP, resultado de relacionar los ingresos generados por la producción de alfalfa esperable en la zona (11.000 kg/ha) con la HH obtenida, se obtuvo un valor en un rango entre us\$/m<sup>3</sup> 0,10-0,13, para el fardo de primera calidad (CAA, 2020), variable de acuerdo al peso del fardo obtenido (20-25 kg).

### Cuadro 3. Resultados

Huella hídrica verde (m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> )	199
Huella hídrica azul (m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> )	964
Huella hídrica total (m <sup>3</sup> .t <sup>-1</sup> )	1.163



Rendimiento de alfalfa en la región (kg.ha <sup>-1</sup> )	11,000	
Valor del fardo (us\$/unidad de 20-25 kg – julio 2020)	2,92	
Peso del fardo (kg/unidad)	20	25
Precio del fardo por kilo (us\$/kg)	0,15	0,12
<b>AWP en un kg de fardo de alfalfa (us\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>

Fuente: elaboración propia; precios suministrados por CAA

La Estación Experimental INTA 25 de Mayo ha publicado resultados de la HH contenida en producciones de la zona (Aumassanne, et al. 2019). La información meteorológica utilizada proviene de una serie de dos años de la misma localidad de 25 de Mayo y complementada con evaluaciones a campo de humedad del suelo. Los valores de HH total de alfalfa obtenidos son del orden de 1250 m<sup>3</sup>/t. Las variaciones con respecto a los valores obtenidos en el presente trabajo se estima que resultan debido a las diferencias en la fuente de datos. En el presente trabajo la información meteorológica utilizada contempló una serie de años mayor (2010-2018). Las amplitudes térmicas han sido mayores en los últimos años, producto de un incremento en las temperaturas máximas. Por otra parte, Aumassanne et al (2019) obtuvieron información precisa realizando mediciones sobre cultivo a campo, en contraposición a las estimaciones del presente trabajo, que pretende ser el comienzo de investigaciones posteriores acerca del uso del recurso hídrico en toda la cadena de valor de la alfalfa.

## Conclusiones

La metodología de utilización de HH provee de un indicador que resulta de utilidad para internalizar la utilización de agua dulce en la economía de los bienes que se producen y se comercializan, bajo la óptica de asignarle al agua dulce la condición de bien escaso y por lo tanto, sujeto a valorización económica. La AWP de producto (0,10-0,13 us\$/m<sup>3</sup>) por metro cúbico de agua constituye también un indicador de relevancia para la zona, que contribuirá a la asignación del recurso hídrico hacia los bienes más valorados. En este sentido resulta esencial evaluar bajo la misma metodología y en el mismo período de tiempo otras alternativas productivas que permitan realizar la mejor ecuación económica-social-ambiental para la región con el objetivo de planificar el desarrollo territorial desde una mirada centrada en la utilización del bien más escaso y con un enfoque en la generación de riqueza y empleo. Esta asignación cobra mayor importancia debido a que la región es productora de bienes agropecuarios casi exclusivamente bajo riego. El agua provista posee un costo (operativo) explícito, y al mismo debiera serle agregado el costo implícito suministrado por la información provista por la HH y la AWP.

## Bibliografía

Abraham, E.; Fusari, M.; Salomon, M. (2005). "Índice de pobreza hídrica. Adaptación y ajuste metodológico a nivel local. Estudio de caso: departamento de Lavalle, Mendoza, Argentina". En: *Uso*

y gestión del agua en tierras secas. *El agua en Iberoamérica, Mendoza*. Vol XI. CYTED, Proyecto XVII (pp. 25-40). Mendoza, Argentina

Allan, J.A. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. *Ground Water*, 36, 545-546. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>.

Allen, R.G.; Smith, M.; Perrier, A.; Pereira, L.S. (1994). An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*. 43(2). 1-34.

Arévalo Uribe, D.; Campuzano Ochoa, C. (dirección técnica). (2013). Evaluación de la huella hídrica en la cuenca del Río Porce. Resumen de Resultados. *Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE)*. Recuperado de <https://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/LibroHuellaHidrica.pdf>.

Aumassanne, C.; Fontanella, D.; Beget, M.; Di Bella C.; Sartor, P. (2019). Estimación de la huella hídrica de alfalfa y maíz en el área bajo riego de la provincia de La Pampa, Argentina. *4to Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos (IFRH)*.

Cámara Argentina de la Alfalfa (CAA). (2020). Información estadística. Recuperado de <https://alfalfaargentina.com.ar/cotizaciones-de-mercado/>.

Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO). (2013). Segunda edición. Bases para el acuerdo interprovincial. Acuerdo interprovincial. Estatuto y reglamento interno de COIRCO. Recuperado de <https://www.coirco.gov.ar/download/institucionales/institucionales-coirco/Reglamento%20y%20Estatuto%20Coirco.pdf>.

Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO). (2020). Veda de riego. Recuperado de <https://www.coirco.gov.ar/veda-de-riego-2020/>.

Dillon, B. (2013). Territorios empetrolados. Las geografías del suroeste de La Pampa en la ribera del río Colorado. Recuperado de <http://www.unlpam.edu.ar/cultura-y-extension/edunlpam/catalogo/libros-de-interes-regional/territorios-empetrolados-las-geografias-del-suroeste-de-la-pampa>.

Fontanella, D. R.; Aumassanne, C. M. (2015). Evapotranspiración de maíz, alfalfa y vid bajo riego, en la cuenca media del río Colorado. *VII Jornadas de Riego y Fertirriego. Necesidades de modernización e innovación en la gestión del agua frente a nuevos desafíos*. Mendoza, Argentina.

Garrido, A.; Llamas, M.R.; Varela, C.; Novo, P.; Rodríguez Casado R.; Aldaya, M.M. (2010). Water footprint and virtual water trade in Spain: policy implications. *Observatorio del Agua*. Fundación Marcelino Botín. Santander. España.

Halcrow, W & Partners Limited. (2013). Cuenca del río Colorado. Determinación de Áreas de Riesgo Hídrico. *Programa Multisectorial de Preinversión III. Tomo I*.

Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; Aldaya, M. M.; Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. *Water Footprint Network*. Recuperado de [https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_2.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf).

Hoekstra, A. Y.; Hung, P. Q. (2002). Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water. Research Report Series N° 11*. Recuperado de [https://waterfootprint.org/media/downloads/Report11\\_1.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/Report11_1.pdf).

Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, IHE Delft, the Netherlands.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Censo Nacional de Población 2001.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Censo Nacional de Población 2010.

Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. Agricultural Water Efficiency and Salinity Research Unit: Riverside, CA. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/156/5/03%20REC%2068%20Anexo%206%20Normas%20Riverside.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Estudio del Potencial de ampliación del riego en Argentina. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5183s.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Cuaderno nro 56*.

Pagliettini, L.; Valerio, C.; Mozeris, G.; Villegas, A. (2019). El consumo de agua en los principales cultivos de la provincia de Entre Ríos. *XI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. FCE-UBA.

Salmoral, G.; Dumont, A.; Aldaya, M.M.; Rodríguez-Casado, R.; Garrido, A.; Llamas, M.R. (2011). Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. *Papeles de seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la naturaleza. Número 1*. Fundación Marcelino Botín, Pedrueca 1, Santander, España. Recuperado de [https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed\\_uploads/Observatorio%20Tendencias/analisis-huella-guadalquivir.pdf](https://www.fundacionbotin.org/89dguuytdfr276ed_uploads/Observatorio%20Tendencias/analisis-huella-guadalquivir.pdf).

### **Agradecimientos.**

A Federico López Arriaga, responsable técnico de la Estación Meteorológica de Ciudad Catriel dependiente del Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro, por suministrarnos la información meteorológica que le fuera requerida.