

VALORACIÓN DE LA EFICIENCIA DE USO DEL AGUA Y HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE *Vitis vinifera* L. EN CÓRDOBA, ARGENTINA

Bracamonte E.^{1*}; Angulo¹ E.; Romero, F.¹; Bustamante, O.¹; Casabo, A.¹; López, L.¹; Croce, A.¹; Mattof, E.²

^{1*} Ecotoxicología. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. ebracamo@agro.unc.edu.ar

² AER INTA, Córdoba.

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar en Colonia Caroya, Córdoba, la eficiencia de uso del agua de riego (EUA) utilizando el Marco de Evaluación MESMIS, considerando con valor 1 (baja eficiencia) a riego por manto y con valor 5 a riego por goteo, cuantificar la Huella Hídrica (HH) verde (v), azul (a) y gris (g) en las variedades de vid Pinot Noir y Malbec (11 ton/ha) e Isabella (14 tn/ha) con diferentes manejo de riego (manto, 60% de eficiencia y goteo, 95% de eficiencia) y establecer estrategias de sustentabilidad de las huellas hídricas obtenidas. Los valores de HH se obtuvieron utilizando el software CROPWAT 8.0 y la metodología propuesta por Hoekstra *et al.* (2011) y por Cibit *et al.* (2012). Los resultados obtenidos mostraron que los cultivos de vid son ineficientes en el uso del agua de riego y alejado de un valor óptimo de eficiencia local, la HH total requerida es baja en relación a valores nacionales e internacionales. La precipitación efectiva (HHv) utilizada por el cultivo es mayor en relación a valores medios internacionales. La EUA del sistema por goteo representa un 7.6 % del total aportado por el uso de riego por manto. Los resultados evidenciaron que la HHt es insustentable debido al uso de sistemas de riegos tradicionales con baja eficiencia en el uso del agua. En año sin precipitaciones el agua suministrada no cubre las necesidades totales de consumo del cultivo de la vid. El consumo efectivo de agua (HHv) representa el 46% de la oferta anual de agua suministrada. El consumo de agua HHt del cultivo de vid posibilitan el consumo hasta 378 personas para necesidades personales mínimas. Las pérdidas de agua azul del riego por manto y por goteo posibilitan el consumo de 112 y 8 personas para necesidades personales mínimas, respectivamente.

Palabras clave: huella hídrica, vid, eficiencia uso del agua, sustentabilidad hídrica

INTRODUCCIÓN

La escasez, el acceso y la eficiencia del uso del agua dulce constituye un tema de máxima preocupación y de debate en cumbres internacionales, encuentros nacionales, regionales y locales. Debido a ello, nace el concepto «Agua Virtual» que define el volumen de agua necesaria para la elaboración de un producto o para facilitar un servicio particular (Allan, 1993). Pero no fue hasta en 2002, cuando Hoekstra y Mekonnen, introducen el concepto de «Huella Hídrica» (HH). Esta se define como el volumen total de agua consumida y/o contaminada por unidad de tiempo que se emplea para producir un bien o servicio.

Se diferencian tres tipos de huellas hídricas: azul, verde y gris. La huella hídrica *azul* (HHa) se refiere al consumo de los recursos de agua superficial y subterránea a lo largo del ciclo de vida del producto o actividad. La huella hídrica *verde* (HHv) representa el consumo de agua de lluvia en la medida en que no se convierta en escorrentía. Por último, la huella hídrica *gris* (HHg) se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de un contaminante dado y llevarlo a concentraciones admitidas en las normas de calidad del sitio donde se realiza el estudio (Civit *et al.*, 2012).

Estas definiciones constituyen las bases para iniciativas como la de la Water Footprint Network (WFN, 2020) o la de la ISO 14046 (ISO, 2020), que trabajan para comunicar la relevancia de la huella hídrica y obtener información e indicadores sobre el consumo real del agua y el uso que se hace de ella con el fin de medir el impacto humano en los recursos hídricos del planeta.

Actualmente las producciones agrícolas utilizan la mayor parte del agua dulce, representando el 70% del uso mundial total. Por ello, estas producciones afrontan una serie de complejos desafíos, entre ellos, priorizar producir más y mejores alimentos y aumentar la eficiencia en el uso y manejo del agua utilizada (Hoekstra & Chapagain, 2007).

La Argentina es uno de los principales productores agrícolas del mundo, destacándose dentro de las producciones intensivas el cultivo de vid. En ella, la provincia de Córdoba ocupa la octava posición nacional de superficie plantada de vid, con 278 ha, 132 viñedos con 2 ha en promedio de superficie implantada (INV,2018).

La región de Colonia Caroya (departamento Colón), es conocida por la producción agrícola-ganadera y principalmente por la elaboración de chacinados y vino, aportando el 52,3% de la producción vitivinícola provincial. Actualmente las variedades de uvas más cultivadas en esta región son Pinot Noir (39,6 ha), Frambua (38,6 ha), Merlot (19,4 ha), Malbec (12,9 ha), Ancellotta (10,4 ha), Cabernet Sauvignon (8,6 ha) y otras de menor difusión.

Aunque en la industria del vino los impactos ambientales se asocian al proceso de fabricación, los más importantes aportes se verifican en la etapa de producción de campo. Por ello, en la industria vitivinícola se ha instalado la necesidad de contar con indicadores de sostenibilidad como la huella de carbono (HC) y evaluar la eficiencia del uso del agua de riego utilizada mediante el indicador confiables. El uso de estos indicadores permite conocer los puntos críticos para reducir los impactos y posicionar de un modo altamente competitivo el producto (Civit *et al.*,2012).

En la etapa productiva de la vid, la eficiencia del uso del agua de riego depende del método de riego utilizado. En la actualidad dos son los sistemas de riego más utilizados, con sus diferentes eficiencias, superficial (melgas 30-85% y surcos 30-75%), y presurizado (aspersión 40-85% y goteo 50-95%). El uso y manejo de los mismos podría influir en el uso eficiente y racional del agua utilizada.

Varias son las metodologías utilizadas para la estimación de huella hídrica, entre ellas se destaca la metodología propuesta por Hoekstra *et al.* (2011) en el estándar global para una "Evaluación de la huella hídrica", desarrollado y mantenido por la Water Footprint Network (2020), que muestra cómo calcular las huellas hídricas para procesos individuales y productos. Además, incluye métodos para la evaluación de la sostenibilidad del agua y una gama de opciones de respuesta de la huella.

Por lo anteriormente citado, los objetivos del trabajo de investigación fueron:

Objetivo General:

Evaluar la sustentabilidad hídrica por el consumo de agua durante el ciclo productivo de la vid en Colonia Caroya.

Objetivos Específicos:

- a) Valorar la sustentabilidad hídrica del cultivo de vid en C. Caroya utilizando la metodología MESMIS incorporando Indicadores de Sustentabilidad.
- b) Cuantificar la Huella Hídrica verde, azul y gris en tres variedades de vid para vinificación en Colonia Caroya, Córdoba.

- b) Evaluar la Huella hídrica regional obtenida del cultivo de vid en relación con la EUA en cultivos con diferente manejo de riego en C. Caroya.
- c) Evaluar la sustentabilidad de las huellas hídricas obtenidas.
- d) Establecer estrategias y recomendaciones para mejorar y fortalecer la sustentabilidad hídrica de los sistemas productivos vitivinícola de Colonia Caroya como herramienta para un proceso de evaluación continua.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en cultivos de vid (*Vitis vinífera* L.) de Colonia Caroya (-31.03333,-64.08333), Córdoba (Figura 1).



Figura 1. Ciudad y sistema de distribución del agua para uso agropecuario en C.Caroya.

Las variedades objeto de la investigación fueron Pinot Noir y Malbec (11 t/ha) e Isabella (14 t/ha), por ser las más representativas de la zona (INV, 2018). Para el cálculo del consumo de agua del cultivo se consideró el periodo del ciclo de vida de prebrotación a poscosecha (agosto 2018 a marzo 2019).

Se realizó una evaluación previa con metodología sistémica de los manejos del agua de riego que impactan sobre la sustentabilidad hídrica, utilizando el Marco de Evaluación MESMIS. Para evaluar el atributo Eficiencia hídrica se consideraron los siguientes criterios: Atributo: eficiencia hídrica, Punto Crítico: eficiencia del uso del agua de riego, criterio de Diagnóstico: aplicación de la lámina de riego y como Indicador: método de riego utilizado. Para la valoración del tipo de riego en los cultivos seleccionados se consideraron la adopción de riego por gravedad y bajo presión (Tabla 1).

Tabla 1. Valoración del indicador tipo de método de riego en cultivos de vid en C. Caroya, Córdoba.

Eficiencia Hídrica	
Método de Riego	Valor ponderado
Riego por goteo	5
Riego Mixto (goteo y gravedad)	4
Riego por surco	3
Riego por manto sectorizado	2
Riego por manto general	1

Con los datos obtenidos se confeccionaron tablas y representaciones gráficas (AMEBA) para la visualización y la interpretación de los resultados.

Para evaluar la eficiencia en el uso del agua de riego, considerando el sistema actual de distribución de agua para uso agropecuario en la región agrourbana (Angulo, 2013), (Figura 1), se consideraron dos manejos de riego diferentes: riego por gravedad (manto) y presurizado (goteo), con valores de EUA de 60% y 95%, respectivamente.

La información base se obtuvo mediante encuestas a grupos de cinco productores vitivinícolas seleccionados por variedad cultivada y sistema de riego empleado. Se colectó información actual e histórica de la Bodega La Caroyense, de técnicos y funcionarios de la Municipalidad de Colonia Caroya y de publicaciones técnicas y científicas especializadas.

Los datos climáticos correspondientes al periodo agosto 2018-julio 2019 (Figura 2) fueron obtenidos de registros históricos del INTA Jesús María (Candela, 2019) y de la estación meteorológica del Aeropuerto de Córdoba provista por Climwat, software de clima mundial asociado al Modelo Cropwat (FAO, 2020).

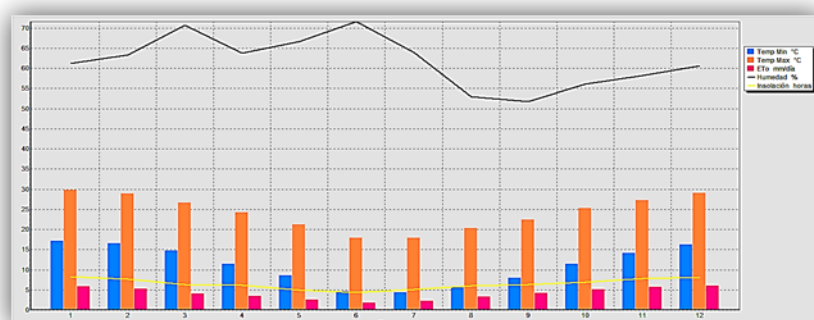


Figura 2. Condiciones meteorológicas en el periodo agosto 2018-julio 2019 en C. Caroya, Córdoba.

La caracterización del suelo de la región se realizó considerando la Serie de suelo Vicente Agüero. El suelo se caracteriza por ser moderadamente bien drenado, desarrollado a partir de sedimentos de textura franco-arcilloso-arenoso a franco-limosa en los planos o llanuras de deposición fluvial.

Los valores de las Huellas Hídricas azul, verde, gris y total se obtuvieron mediante el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo utilizando el modelo CROPWAT 8.0 y siguiendo las metodologías propuestas por Hoekstra *et al.* (2011) en el Water Footprint Assessment (WFA) Manual y por Civit *et al.* (2012).

El modelo considera como valores de entrada tipo de suelo, incluyendo la humedad disponible (diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente), la tasa máxima de infiltración de la precipitación de 24 horas, profundidad radicular máxima, agotamiento inicial de humedad (siembra del cultivo) y humedad inicialmente disponible al inicio de la temporada del cultivo. Además, considera datos de precipitación media, temperatura mínima y máxima, humedad, viento e insolación, de la zona. La precipitación efectiva es calculada por el método FAO/AGLW. Los datos del cultivo incluyen producción media de cada variedad, fechas de siembra y cosecha, los coeficientes de cultivo (Kc): la capacidad de la planta para extraer agua del suelo desde que se siembra hasta su cosecha (kc inicial, kc, medio y kc final), etapas de crecimiento del cultivo, número de días de las mismas, la profundidad de las raíces de cada planta, la fracción de agotamiento crítico, el

factor de rendimiento y la altura que alcanza el cultivo. Los valores de Kc para los distintos estadios de la vid se obtuvieron de bibliografía especializada.

Estos datos permiten conocer el valor de evapotranspiración del cultivo para cada mes y la radiación, datos que podrán ser comparados y analizados. La evapotranspiración de referencia es calculada por el programa siguiendo el método de ET₀ Penman–Monteith.

El cálculo de la HHv, se realizó mediante el cociente entre el agua utilizada por el cultivo proveniente de precipitación efectiva y el rendimiento del cultivo, Mekonnen and Hoekstra (2011).

$$HHv = \frac{P_{ef}}{Y} \left[\frac{m^3}{t} \right]$$

Siendo P_{ef} la precipitación efectiva expresada en metros e Y el rendimiento del cultivo expresado en t/m².

Para el cálculo de la HHa se consideró el cociente entre el agua aprovechada por el cultivo proveniente de riego [CW riego (m)] y el rendimiento del cultivo (t/m²), Mekonnen and Hoekstra (2011).

$$HHa = \frac{CW_{riego}}{Y} \left[\frac{m}{\frac{t}{m^2}} \right]$$

Donde CW riego, es la cantidad de agua que debe ser suministrada a la planta para compensar las pérdidas provocadas por la evapotranspiración.

En el cálculo de la HHg se consideró el volumen de agua necesario para diluir los contaminantes que llegan al cuerpo de agua. Esta componente se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$HHG = \frac{\alpha \times AR}{Y} \left[\frac{m^3}{t} \right]$$

Donde α es la fracción de lixiviación, AR la cantidad aplicada de agroquímicos por hectárea, C_{max} y C_{nat}. las concentraciones máximas permisibles y natural respectivamente e Y el rendimiento del cultivo (t/m²).

Para este análisis no se determinó probable contaminación difusa nitrogenada debido al escaso uso de fertilizantes de suelo y foliares en la región. Como parámetros de evaluación se utilizaron los límites máximos de concentración permitidos en agua de organismos nacionales e internacionales.

Los valores de HH y de EUA obtenidos a nivel parcelario con diferentes manejos del agua de riego se correlacionaron entre sí y con valores a nivel nacional e internacional.

La evaluación de la sustentabilidad o presión ambiental de los indicadores obtenidos se realizó en relación a la oferta hídrica anual a nivel de parcela. Se consideró la oferta hídrica de 5 riegos, 12 h/día de agua y 128 m³/h. Para evaluar la capacidad de la oferta para compensar la HHt. solo se tuvo en cuenta como aporte único el agua azul de riego y considerando el promedio de las bajas precipitaciones de los años 2018 y 2019 (677.1 mm) en relación al promedio histórico 1915-2017, de 792.2 mm (Candela, 2019).

Para calcular el grado de presión o sustentabilidad del indicador HHt obtenido se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{IPHHt (\%)} = \text{C HHt} / \text{O Aa}$$

Donde IPHHt = Índice de presión de la HHt (%)

C HHt: consumo de la HHt (m³)

O Aa: oferta de agua azul. (m³)

También se calculó el grado de presión que el consumo de agua del cultivo ejerce sobre la oferta de agua de la fuente de riego, teniendo en cuenta la HHa obtenida.

$$\text{IPHHa (\%)} = \text{C HHt} / \text{O Aa}$$

Donde IPHHa = Índice de presión de la HHa (%)

C HHt: consumo de la HHa (m³)

O Aa: oferta de agua azul. (m³)

El indicador de presión de la HHt en relación al consumo humano (beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar) se consideró el número de personas que podrían abastecerse con la cantidad de agua que es empleada en el cultivo de vid durante el periodo productivo. La cantidad adecuada mínima sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 50 l/hab-día para satisfacer sus necesidades básicas y 100 litros para atender todas las necesidades de manera óptima (Huasquito Caceres *et al.*, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron que el indicador eficiencia hídrica en cultivos de vid alcanzó un valor promedio de **2,7**. Este valor, alejado del valor óptimo, evidencia baja eficiencia y sustentabilidad del uso y manejo del agua de riego (Figura 3).

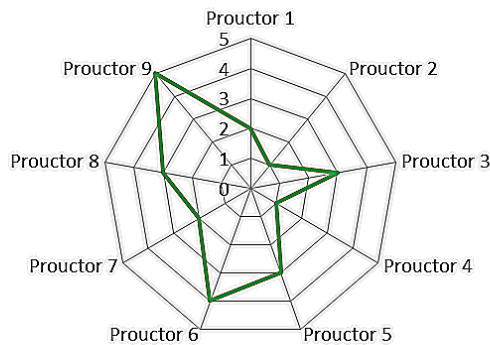


Figura 3. Evaluación ambiental Eficiencia Hídrica mediante indicador Tipo de Riego en cultivos de vid en C.Caroya.

La modelación del programa permitió conocer la variación de la ET_0 durante el ciclo productivo de la vid, mostrando los meses de noviembre, diciembre y enero como los de mayor ET_0 (5.52, 5.80 y 5.72 mm/día, respectivamente) y junio como el de menor demanda o ET_0 (1.76 mm/día).

El modelo Cropwat mostro una precipitación efectiva de 387 mm, aprovechando el 51% de la precipitación real total, mostrando perdida por escorrentía superficial y/o percolación profunda.

Considerando la huella hídrica total, los aportes observados de HHv fueron del 56% y el 44% al volumen de agua captada de fuentes superficiales o subterráneas para cubrir la demanda de agua no satisfecha a causa de un déficit en la disponibilidad de agua

procedente de la lluvia (HHa) (Figura 4). Los resultados evidenciaron que el agua utilizada por el cultivo proveniente de precipitación efectiva (HHv) es significativo. Esto es debido al alto aporte de las precipitaciones total y efectiva (765 mm/año y 387 mm/año, respectivamente) en la región (Figura 2). Estos resultados no son coincidentes con los reportados por Civit *et al* (2012) y Morabito (2012) en Junín y Norte de Mendoza donde las precipitaciones varían entre los 100 y 300 mm anuales, reportando valores de HHv y HHa de 14% y 86% y de 10% y 90%, respectivamente.

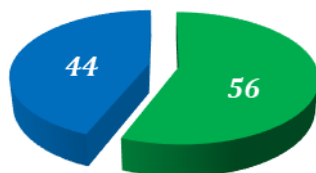


Figura 2. Contribución (%) de la HHv y HHa en la HH total en cultivos de vid de C. Caroya.

Considerando la sumatoria de la HHv y HHa, en Pinot Noir y Malbec fue de 627 m³/t y para la variedad Isabella de 493 m³/t, con valores de HHv para Pinot y Malbec de 351 m³/t y 276 m³/t para Isabella (Tabla 2, Tabla 3, Anexo B) mientras que la HHa fue de 276 m³/t y 217 m³/t, respectivamente (Tabla 4, Tabla 5). Estos resultados obtenidos para estas variedades son menores a la media mundial de 745 m³/t (607 y 138, respectivamente) reportado por Mekonnen and Hoekstra (2011) en uva para vinificar y espumantes.

Tabla 1. Cálculo de la Huella Hídrica Verde para Pinot Noir y Malbec.

Precipitación Efectiva (m)	Rendimiento Var. Pinot Noir y Malbec (t/m ²)	HHv (m ³ /t)	Vol. Total de Agua Consumido (m ³ /año)
0, 387	0,0011	351	3870

Tabla 2. Cálculo de la Huella Hídrica Verde para Isabella

Precipitación Efectiva (mm)	Rendimiento Var. Isabella (t/m ²)	HHv (m ³ /t)	Vol. Total de Agua Consumido (m ³ /año)
0, 387	0,0014	276	3864

Tabla 3. Cálculo de la Huella Hídrica Azul Var. Pinot Noir y Malbec.

Requerimiento de Riego (m)	Rendimiento Var. Pinot Noir y Malbec (t/m ²)	HHa (m ³ /t)	Vol. Total de Agua Consumido (m ³ /año)
0,304	0,0011	276	3036

Tabla 4. Cálculo de la Huella Hídrica Azul Var. Isabella

Requerimiento de Riego (m)	Rendimiento Var. Isabella (t/m ²)	HHAzul (m ³ /t)	Vol. Total de Agua consumido (m ³ /año)
0.304	0,0014	217	3038

Para alcanzar la eficiencia máxima de uso del agua, los riegos por manto precisaron un aporte extra de 184 m³/t para las variedades Pinot Noir y Malbec y 144 m³/t para la

variedad Isabella y con riego por goteo presentaron un aporte extra de solo 14 m³/t (Pinot Noir y Malbec) y 11 m³/t (Isabella). Estos valores muestran que el riego por goteo precisa solo el 7,6 % del total del agua extra que emplea el riego superficial (considerando riego promedio y rendimiento de 164 m³/t y 12,5 m³/t, respectivamente), para alcanzar la máxima eficiencia en el uso del agua azul (Figura 5).

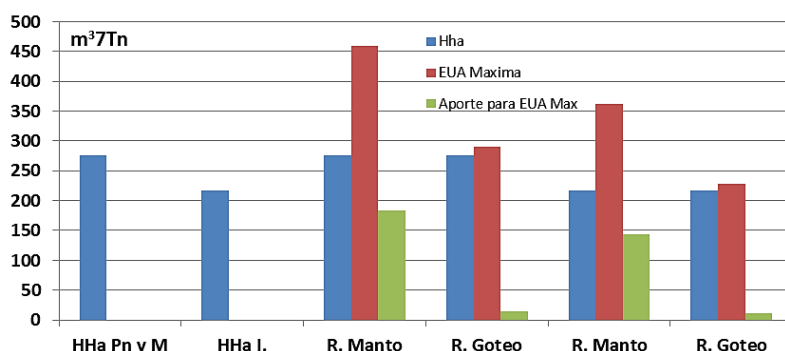


Figura 5. EUA de los sistemas de riego por manto y por goteo en cultivos de vid de C. Caroya.

Los resultados alcanzados evidenciaron que, en el contexto de variabilidad climática observada en los últimos años, y que, aunque en el análisis se observó que no existe un déficit en el requerimiento de agua debido al riego complementario, el uso predominante de sistemas de riegos tradicionales con baja eficiencia en el uso del agua torna preocupante la sustentabilidad del agua azul disponible.

Los resultados obtenidos son coincidentes con valores obtenidos en Mendoza, donde reportan alta eficiencia en el uso de riego por goteo y menor huella hídrica. Los resultados obtenidos también son coincidentes con lo reportado por Bracamonte *et al.* (2017) mediante una evaluación integral y sistémica de los sistemas productivos de la región utilizando el marco de evaluación MESMIS, donde concluyeron que el uso y manejo del recurso agua de riego en forma de manto en cultivos de vid en C. Caroya es ineficiente y alejado de un valor óptimo de sustentabilidad. Estos autores mostraron valores de riesgo por erosión contrapuestos, de acuerdo al método de riego y pendiente del cultivo, revelando valores 2 (manto) a 4 (goteo) sobre un valor óptimo máximo de 5.

El grado de presión de los indicadores HHT obtenidos, considerando la oferta hídrica final a nivel entrada al campo de 128 m³ y a nivel de parcela de 109 m³/h (15% pérdida promedio por acequias internas no conservadas) mostró un Índice de presión o sustentabilidad de 0.46. Este valor corresponde a la fracción de la oferta total a nivel de lote que los componentes HHT y HHa utilizan para la satisfacción de los requerimientos hídricos (Tabla 6).

Tabla 6. Fracción de la oferta hídrica a nivel de lote de los componentes HHT y HHa.

Indicador	HH (m ³)	Vol. (m ³) Oferta Agua azul	Total (%) [Año Seco]
Presión por consumos de HHT	6904	6540	1.055
Presión por consumos de la HHa	3037	6540	<u>0.46</u>

Estos resultados muestran que, en un año hipotético sin precipitaciones, la oferta de agua de riego suministrada no cubre las necesidades totales de consumo del cultivo de la

vid. Estos resultados no consideran el caudal de uso ecológico y principalmente el de consumo humano que son las demandas que deben darse prioridad.

La relación de la oferta total y la demanda de agua azul mostró un índice de presión de 0.46, evidenciando que el consumo del agua por riego (HHa) del cultivo representa el 46% de la oferta de agua suministrada, considerando las pérdidas internas por canales en mal estado.

El Indicador de presión de HHt por consumos humanos mostró que el número de personas que podrían abastecerse con la cantidad de agua promedio de las tres variedades evaluadas (6904 m³/año) durante su proceso de producción considerando consumos personales de 0.05 y 0.1 m³/persona/día (50 y 100 l/ persona/día) es de 378 y 189 personas por año productivo.

Las pérdidas superficiales y subterráneas promedio de las tres variedades del agua azul aplicada por manto (164 m³/t) y considerando un rendimiento promedio de 12.5 t/ha, podrían abastecer el consumo de 112 y 56 personas/año. La alta eficiencia en el uso del agua del sistema por goteo (95%) permite que el 5% de ineficiencia abastecer 8 y 4 personas para consumos de 0.05 y 0.1 m³/año.

Los resultados obtenidos permiten establecer estrategias para mejorar y fortalecer la sustentabilidad hídrica del sistema productivo vitivinícola de Colonia Caroya. Entre ellos poder adoptar medidas de manejo integrado del cultivo de vid, fortalecer las buenas prácticas de manejo del cultivo para un rápido y vigoroso crecimiento y desarrollo, mayor investigación y transferencia sobre uso eficiente del agua y ecofisiología del cultivo, eficientizar los tratamientos de plaguicidas y fertilizantes, adopción de técnicas avanzadas de recolección de las precipitaciones y en los sistemas de riego, implementación de técnicas de conservación y sistematización de suelos y agua, entre ellas, fomentar la adopción de tecnologías de riegos más eficientes, como la aspersion y localizadas en función de las necesidades del sistema suelo-cultivo.

CONCLUSIONES

1. Con un enfoque sistémico, los sistemas productivos de vid son ineficientes en el uso del agua de riego y alejado de un valor óptimo de eficiencia
2. La huella hídrica total en los cultivos de vid en Colonia Caroya es bajas en relación a valores nacionales e internacionales.
2. El aporte del agua proveniente de precipitación efectiva (HHv) es significativamente mayor en relación a producciones de Mendoza y valores medios internacionales.
3. El valor de la huella hídrica depende de las variedades y de su rendimiento.
4. El riego por goteo precisa solo el 7,6 % del total del agua extra que emplea el riego superficial para alcanzar la máxima eficiencia en el uso del agua azul.
5. La HHt baja en C. Colonia es insustentable debido al uso predominante de sistemas de riegos tradicionales con baja eficiencia en el uso del agua.
6. En año sin precipitaciones la oferta de agua suministrada no cubre las necesidades totales de consumo del cultivo de la vid.
7. El consumo efectivo de agua de la vid representa el 46% de la oferta anual de agua suministrada.
8. El consumo de agua como HHt del cultivo de vid posibilitan el consumo de 378 personas para necesidades personales mínimas.
9. Las pérdidas de agua azul del riego por manto y goteo posibilitan el consumo de hasta 112 y 8 personas para necesidades personales mínimas. respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Allan, J.A., 1993. *Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible*. En: ODA, Priorities for water resources allocation and management, ODA, London. p. 13-26.
- Angulo, A., 2013. *Factores socio-ambientales que inciden en la sustentabilidad del recurso hídrico de Colonia Caroya*. Tesis en Licenciatura en Enseñanza de Ciencias del Ambiente. Facultad Regional San Francisco, UTN. 80pp.
- Bracamonte, E., Angulo, E., Zaya, R., Franceschini, L., Matoff, E., Zarate, C., Muñoz, C., Giusiano, M., Croce, A., 2017. *Evaluación ambiental sistémica del cultivo de vid (Vitis vinífera L.) en el periurbano de Colonia Caroya, Córdoba, mediante el método MESMIS*. 1º Encuentro Nacional sobre periurbanos e interfaces críticas, 2ª Reunión Científica del PNNAT y 3ra Reunión de la Red Periurbana. Córdoba. Septiembre 2017.
- Candela, R., 2019. *Datos diarios del tiempo en Jesús María. Año 2018*. AER Inta Jesús María. Clima. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aer_jesus_maria_datos_climaticos_diarios_del_ano_2018.pdf
- 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*. *Enovicultura*, 14, 2–9.
- FAO., 2020. CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. *Irrigation and Drainage*. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K., 2007. *The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities*. *Ecological Economics*, 64(1), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.023>.
- 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>
- Huaquisto Cáceres, S., Chambilla Flores, I.G., 2019. *Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno*. *Investigación & Desarrollo*, 19 (1), 133-144. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312019000100010&lng=pt&tlng=es
- INV (Instituto Nacional de Vitivinicultura), 2018. *Informe anual de mercado interno de vinos*. <https://www.argentina.gob.ar/instituto-nacional-vitivinicultura>
- ISO (International Organization for Standardization), 2020. Normas ISO. <https://www.normas-iso.com/>
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y., 2011. *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. *Hydrol Earth Syst Sci* 15(5):1577–600.
- Morabito, J., 2012. *La Huella Hídrica una aproximación a su conocimiento en vid. Comparación con la eficiencia de uso del agua según distintos métodos de riego en Mendoza*.
- WFN (Water Food print Network). 2020. <https://waterfootprint.org/en/about-us/>