ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 19, pp.01.01-01.11, 2015. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2015

HUELLA DEL AGUA DEL CULTIVO DE TABACO EN EL AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE LERMA, PROVINCIA DE SALTA

L.A. Brito[1], M.A. Iribarnegaray[2]*A.G.J. Salas Barboza[3], y L. Seghezzo[4]
Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO, UNSa-CONICET), Avda. Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina. Tel. +54-387-4255516; E-mail: iribarnegarayma@gmail.com

Recibido 09/09/15, aceptado 13/10/15

RESUMEN: Se calculó la huella del agua (HA) del proceso de producción de tabaco (desde la etapa de trasplante hasta la cosecha) en el área metropolitana del Valle de Lerma, provincia de Salta. Se utilizó el software CROPWAT 8.0 desarrollado por FAO (*Food and Agriculture Organization*) para la estimación de las fracciones de agua azul, verde y gris. Los resultados mostraron que el cultivo tuvo una evapotranspiración de 28,3 hm^3/año de agua azul, 20,2 hm^3/año de agua verde y 9,4 hm^3/año de agua gris. La fracción total de huella del agua azul se comparó con el consumo promedio de agua azul de los habitantes de la ciudad de Salta, indicando que el cultivo de tabaco demanda una cantidad de agua equivalente al consumo anual de aproximadamente la mitad de la población. El cálculo de la huella del agua fue capaz de mostrar técnicamente la intensidad de utilización del agua por una actividad productiva en el contexto de una región caracterizada por una incipiente urbanización y problemas de acceso al agua potable. Estos primeros resultados muestran que es necesario profundizar el estudio de la HA como potenciales indicadores de procesos de apropiación de recursos hídricos

Palabras clave: huella del agua, tabaco, área metropolitana, Salta.

INTRODUCCIÓN

El inexorable aumento de la demanda de agua destinada al cultivo de alimentos y otros productos agrícolas, junto a las necesidades de agua de la industria y las poblaciones urbanas y rurales ha llevado a una creciente escasez de agua dulce en muchas partes del mundo (Hoekstra *et al*., 2012). La actividad agrícola es el mayor consumidor de agua dulce (Rodriguez *et al*., 2015), razón por la cual el estudio de los impactos de este consumo está experimentando un creciente interés (Herath *et al*., 2014). Teniendo en cuenta que la crisis del agua no responde a un problema único sino más bien a una multiplicidad de factores (Iribarnegaray y Seghezzo, 2012), una gestión más sustentable del agua adquiere especial relevancia para evitar inequidades en su distribución y minimizar los efectos que su potencial escasez a nivel local, regional y global puedan tener sobre su disponibilidad y acceso (Azpiazu *et al*., 2005; Soares, 2008).

La evaluación global del consumo de agua de una determinada región o de un determinado producto puede realizarse mediante el cálculo de la huella del agua (HA). Esta herramienta brinda una base conceptual concreta para el análisis de las relaciones existentes entre el consumo humano y los procesos de apropiación de agua dulce (Allan, 1998). La HA se define como el volumen de agua dulce usado para producir un determinado producto o a lo largo de un proceso (Hoekstra *et al*., 2011). Es una medida volumétrica del consumo de agua y ofrece una perspectiva amplia de cómo un consumidor o productor se relaciona con los sistemas de agua dulce (Jefferies *et al*., 2012). Constituye un indicador multidimensional que muestra los volúmenes de consumo de agua y los volúmenes contaminados, teniendo en cuenta la distribución espacial y temporal de sus componentes (Rushforth

[1] Estudiante de la Facultad de Ciencias Naturales, UNSa
[2] Investigador Asistente del CONICET, INENCO
[3] Becaria Doctoral del CONICET, INENCO
[4] Investigador Independiente del CONICET, INENCO

et al., 2013). Si bien la huella del agua no es suficiente para evaluar el impacto ambiental local, su estimación puede contribuir a la evaluación de los impactos ambientales y sociales del uso de los recursos hídricos y a una distribución más sustentable y equitativa del agua (Galli *et al*., 2011). Hoekstra y Chapagain (2008) han demostrado que la visualización del agua oculta o "virtual" (AV) detrás de los procesos y productos puede ayudar a comprender el carácter global del agua dulce y a cuantificar los efectos del consumo y el comercio en el uso de los recursos hídricos. Descubrir el vínculo oculto entre el consumo y el uso del agua puede servir de base para la formulación de nuevas estrategias de gestión. En un contexto de escasez y cambio climático cada vez más acentuado (Hanjra y Qureshi, 2010), existe una carencia de herramientas e indicadores confiables que asistan a los tomadores de decisión en los procesos de generación de políticas de utilización y gestión de los recursos. La HA (y el agua virtual) constituye un indicador de fondo que permite conocer y evaluar los impactos que el uso del agua produce en casos específicos, tales como los impactos que distintas actividades productivas generan en la disponibilidad del recurso o los niveles de uso y la relación de disponibilidad relativa en espacios urbano-rurales. Los procesos de apropiación de agua están relacionados tanto al uso consuntivo como también al agua necesaria para la asimilación de la contaminación (Mekkonen y Hoekstra, 2011).

En la interface entre los entornos urbanos y rurales se generan dinámicas de competencia por el uso del agua entre la ciudad y las actividades agropecuarias e industriales que plantean un importante desafío para la gestión del recurso (Rodríguez Faraldo *et al*., 2012). En el caso de la provincia de Salta, esta situación es particularmente conflictiva en el Valle de Lerma, donde además de haberse detectado problemas concretos en la gobernanza y la sustentabilidad de la gestión del agua y el saneamiento (Iribarnegaray *et al*., 2012; Iribarnegaray y Seghezzo, 2012), existe un escenario de conflictividad particular entre una actividad agrícola de alta necesidad de riego como el tabaco y la demanda de agua de la ciudad de Salta y otras localidades en crecimiento de la zona metropolitana. En este contexto, adquiere importancia el análisis de los posibles impactos que las actividades agrícolas con alto requerimiento de riego pueden generar en la disponibilidad de agua para las poblaciones urbanas. En este trabajo se presentan los primeros resultados relacionados a la aplicación del concepto de HA como indicador de procesos de "acaparamiento" de agua dulce por parte de actividades agrícolas intensivas. El concepto de acaparamiento de agua hace alusión a situaciones en las que diversos actores son capaces de tomar el control del recurso y reasignarlo para su propio beneficio en detrimento de los intereses de las comunidades locales (Metha *et al*., 2012).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El área metropolitana del Valle de Lerma (AMVL) concentra más del 50% de la población de la provincia de Salta. En esta zona se destaca la ciudad de Salta como el casco urbano más importante, con una población de 535.303 habitantes (INDEC, 2010). Con un clima subtropical serrano, caracterizado por un período seco entre los meses de abril y noviembre, el área metropolitana se caracteriza por ser un mosaico constituido por actividades agrícolas de altos requerimientos de riego interactuando cada vez más intensamente con espacios urbanos en continuo crecimiento (**Figura 1**). En esta área, que incluye parte de los departamentos de La Caldera, Salta, Rosario de Lerma y Cerrillos, se insertan importantes áreas urbanas con fuerte interactividad con la ciudad de Salta, como son los municipios de La Caldera, Vaqueros, Campo Quijano, Rosario de Lerma, Cerrillos, La Merced y San Lorenzo. La actividad agrícola predominante en la zona es el cultivo de tabaco, asociada a una importante infraestructura de riego constituida por diques, redes de canales, acequias y demás infraestructura asociada. Si bien los mayores volúmenes de agua para riego son extraídos de cursos superficiales, como el caso de la toma existente en el río Toro (zona sur del área de estudio), también existen predios tabacaleros que disponen de pozos profundos complementarios a la infraestructura de riego existente.

Respecto al consumo de agua en la ciudad de Salta, según datos brindados por la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento (CoSAySa) y la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Salta (SRH), la producción de agua actual para la ciudad es de 261.257 m^3/día, a los que se suman unos 3411 m^3/día

que corresponden a pozos utilizados por algunas industrias ubicadas dentro del casco urbano de la ciudad. El agua cruda proviene aproximadamente en un 30% de tres sistemas de captación (superficiales y sub-superficiales) denominados Acueducto Norte, Acueducto Sur y Sistema Finca Las Costas, mientras que el 70% restante proviene de un complejo sistema de pozos profundos ubicados en distintos sectores de la ciudad.

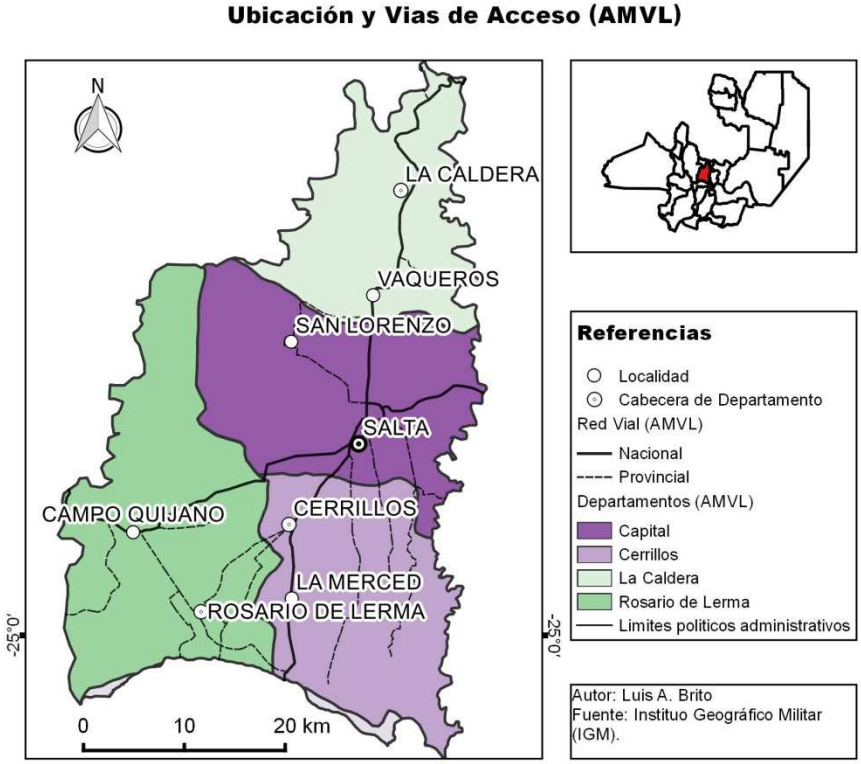

Figura 1: Área Metropolitana del Valle de Lerma (AMVL) detallando el sector involucrado de cada departamento.

Datos utilizados

Se utilizó la localidad de Cerrillos a modo de referencia para definir las condiciones climáticas y edafológicas necesarias para el cálculo de la HA de la producción de tabaco. Estas condiciones fueron extrapoladas a toda el área de estudio teniendo en cuenta la información disponible y las condiciones ambientales relativamente similares. Las estadísticas meteorológicas pertenecen a la estación automática del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicada en Cerrillos. Complementariamente se extrajeron datos climáticos de los trabajos de Paoli et al. (2006) y Ledesma (2012). Datos técnicos del cultivo de tabaco se extrajeron del trabajo de Chaverri Guerrero (1995).

Los datos de producción y superficie cultivada con tabaco en el área de estudio fueron provistos por la Administración del Fondo Especial del Tabaco de Salta (FET). Los datos entregados por este organismo (para todo el Valle de Lerma) fueron editados a los fines de descontar los volúmenes producidos fuera del área metropolitana definida en este trabajo. El proceso de producción de tabaco considerado en esta investigación abarcó desde la etapa de trasplante hasta la cosecha (no se incluyó el proceso de secado). En la **Tabla 1** se detallan los datos de producción y rendimiento por año correspondientes al área de estudio con los que se realizaron los cálculos de HA.

Estimación de la huella del agua

Se estimaron las HA azul, verde y gris para el proceso de producción de tabaco siguiendo el método desarrollado en el Water Footprint Assessment Manual (Hoekstra *et al*., 2011). La HA es un indicador multidimensional que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes (agua azul y verde) y también los volúmenes de contaminación (agua gris) y cuyos componentes de HA total (azul, verde y

gris) pueden ser especificados espacial y temporalmente. En términos generales, el objetivo de evaluar la HA es analizar cómo las actividades humanas afectan a la disponibilidad de agua y su contaminación a una escala regional.

	Capital		Cerrillos		La Caldera		Rosario de Lerma		P	S	R
Año	tn	ha	tn	ha	tn	ha	tn	ha	tn	ha	Kg/ha
2005	585,4	256	16.408	7.422	796	304	11.194	5.302	28.984	13.284	2.182
2006	482,1	238	15.113	7.126	659	363	8.677	5.473	24.932	13.199	1.889
2007	584,9	358	13.840	7.565	773	371	7.966	5.598	23.164	13.892	1.667
2008	223,3	195	13.416	7.364	480	287	7.047	4.975	21.167	12.821	1.651
2009	451,1	257	13.211	6.986	1.426	729	7.228	4.548	22.317	12.521	1.782
2010	434,0	273	16.669	7.333	496	239	7.789	4.428	25.388	12.274	2.068
2011	488,2	329	15.418	7.877	536	244	7.826	4.607	24.268	13.058	1.858
2012	388,3	279	11.437	6.331	409	188	4.929	3.591	17.165	10.389	1.652
2013	422,3	246	12.452	6.322	396	206	5.597	4.001	18.866	10.775	1.751
2014	434,0	273	16.669	7.333	496	239	7.789	4.428	25.388	12.274	2.068

Tabla 1: Producción en toneladas (tn) y hectáreas (ha) sembradas de tabaco en el área metropolitana del Valle de Lerma, según departamentos y años considerados. Se detalla para cada año la producción total (P), la superficie total (S) y el rendimiento (R) específico para cada año. Fuente: Fondo Especial del Tabaco (FET) de Salta.

El agua verde se define como el volumen de agua utilizado por las plantas durante el proceso de producción proveniente de la precipitación y almacenada en el suelo. Por su parte, el agua azul es el volumen de agua dulce consumido por las plantas proveniente de fuentes de agua superficiales y subterráneas (riego). Un tercer tipo, denominado agua gris, está constituido por el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes comparado con las concentraciones normales del cuerpo receptor y las normas de volcamiento. Los recursos de agua azul son por lo general escasos y tienen mayores costos de oportunidad que los de agua verde. La incorporación del concepto de agua gris obedece a expresar la contaminación de agua en términos de volúmenes de contaminación, de modo que pueda ser expresada con el consumo de agua, que también se expresa como un volumen (Hoekstra y Chapagain, 2008; Garrido *et al*., 2010; Chapagain y Tickner, 2012). Puede ser estimada teniendo en cuenta el uso de fertilizantes, pesticidas y/o insecticidas. La HA total (m^3/tn) del proceso de producción del tabaco se calcula como la suma de las componentes verde, azul y gris.

$$\mathrm{HA_{Total}} = \mathrm{HA_{verde}} + \mathrm{HA_{azul}} + \mathrm{HA_{gris}} \quad (1)$$

Para el cálculo de los distintos tipos de HA del proceso de producción de un cultivo, en primer lugar es necesario estimar el requerimiento de agua del cultivo (RAC), que surge de la estimación de los volúmenes de agua (lluvia o riego) necesarios para cubrir la evapotranspiración del mismo. Para la realización de los cálculos de RAC se utilizó el software CROPWAT 8.0, desarrollado por la FAO (*Food and Agriculture Organization*). El mismo puede estimar el RAC de un cultivo utilizando dos alternativas: (1) Estimación del requerimiento de agua del cultivo (RAC), el cual asume condiciones óptimas, y (2) Programación de riego del cultivo. Debido a que la estimación de la HA requiere de un gran número de fuentes de datos que en general deben ser específicos por área y por cultivo, en este trabajo se adoptó la primera opción, la cual es más sencilla y supone que no existen limitaciones de agua para el crecimiento del cultivo. En este caso el software calcula el RAC en base a las necesidades de agua de los cultivos durante toda la fase del periodo de producción (bajo las condiciones climáticas locales) y la precipitación efectiva.

Etapas del cálculo de la HA con CROPWAT 8.0

En primer lugar se calcula la evapotranspiración de referencia (ETo), utilizando el método de Penman-Monteith. La ETo corresponde a un cultivo hipotético de referencia de altura de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m^{-1} y un albedo de 0,23 y que representa la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado (Allen et al., 2006). Al ser un parámetro climático, la ETo depende exclusivamente de variables meteorológicas locales (temperatura, humedad, viento y radiación solar). La ETo es utilizada para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en mm/día, según las diferentes etapas de crecimiento, definidas por el Coeficiente de cultivo (Kc).

$$\mathrm{ETc} = \mathrm{ETo} \text{ x } \mathrm{Kc} \tag{2}$$

Si se asume que no existen limitaciones de agua para el cultivo (condiciones óptimas de lluvia y/o riego), la ETc del cultivo será igual a RAC. La precipitación efectiva (PE), definida como la parte de la precipitación retenida en el suelo y disponible para el aprovechamiento de la planta es calculada por CROPWAT utilizando el método de la USDA (*United States Department of Agriculture*), teniendo en cuenta las características edafológicas locales (FAO, 1978). La diferencia entre el ETc y la PE determinará los requerimientos de agua (RAC) verde y azul del proceso de producción del cultivo, siendo que si ETc < PE entonces ETc = RAC_{verde} (la lluvia satisface toda la evapotranspiración de la planta), mientras que si ETc > PE entonces PE = RAC_{verde} y ETc – PE = RAC_{azul} (como la lluvia no satisface completamente la evapotranspiración de la planta es necesario incorporar agua de riego). El valor final de RAC_{verde} y RAC_{azul} resulta de la sumatoria de los datos entregados por el programa (en decadías) para el período de crecimiento del cultivo (L), expresado en términos de volumen por hectárea mediante la multiplicación por un factor igual a 10. El valor de RAC verde y azul estará dado entonces por:

$$\mathrm{RAC_{verde}} = 10 \text{ x } \sum_{d=1}^{L} \mathrm{RAC_{verde}} \tag{3}$$

$$\mathrm{RAC_{azul}} = 10 \text{ x } \sum_{d=1}^{L} \mathrm{RAC_{azul}} \tag{4}$$

El valor final de HA azul y verde dependerá del rendimiento (R) del cultivo para el período considerado.

$$\mathrm{HA_{verde}} = \frac{\mathrm{RAC_{verde}}}{\mathrm{R}} \tag{5}$$

$$\mathrm{HA_{azul}} = \frac{\mathrm{RAC_{azul}}}{\mathrm{R}} \tag{6}$$

Para el cálculo de la HA gris, se asume que existe una relación directa entre el uso de fertilizantes químicos y la consiguiente contaminación difusa del medio local debido al consumo de estos productos. Se utilizó el nitrógeno como parámetro de control (Mekonnen y Hoekstra, 2011; Rodriguez *et al*., 2015), tomándose como valor límite permitido de nitratos en el agua para consumo humano el establecido por el Código Alimentario Argentino (45 mg NO_3/L). Este valor permite estimar el volumen de agua necesario para diluir los retornos de agua contaminada al ambiente. De esta forma, el HA gris resulta del producto entre la fracción de lixiviación y escorrentía (α), equivalente a 10% (Chapagain *et al*., 2006) y la cantidad aplicada de fertilizantes en kg/ha (AR), dividido por la diferencia entre el límite de volcamiento para nitrógeno (C_{max}) y la concentración de referencia de un cuerpo de agua receptor (C_{nat}), ambos medidos en Kg/m_3. El valor final dependerá del rendimiento del cultivo.

$$\mathrm{HA_{gris}} = \frac{(\alpha \text{ x } \mathrm{AR})/(\mathrm{C_{max}} - \mathrm{C_{nat}})}{\mathrm{R}} \tag{7}$$

Con el objetivo de referenciar a un parámetro más intuitivo los volúmenes totales de HA calculados, se utilizó el concepto de "habitante equivalente" (HE), que permite comparar un volumen conocido (en este caso de agua) con una referencia real (Lombrano, 2009). En este trabajo, el HE de definió como la cantidad de agua utilizada (m^3) por un habitante de la ciudad de Salta durante un año. Descontando el agua que se pierde debido a pérdidas del sistema de distribución, definidas en un 35% (Iribarnegaray *et al*., 2012), el consumo por habitante de agua en la ciudad es cercano a los 100 m^3/ año (incluyendo usos industriales), según datos informados por CoSAySa y la SRH.

RESULTADOS Y DISCUSION

La **Tabla 2** presenta los resultados entregados por CROPWAT, detallando el período de cultivo, las etapas del mismo, los Kc específicos para cada etapa de crecimiento y los valores promedio obtenidos de ETc, PE, Requerimiento de Riego (RR) y RAC azul y verde para el período considerado (campañas 2005 a 2014).

Mes	Década	Etapa	Kc	ETc	ETc	PE	RR	RAC verde	RAC azul
				(mm/día)	(mm/dec.)	(mm/dec.)	(mm/dec.)	(mm/dec.)	(mm/dec.)
Ago.	2	Ini.	0.47	1.28	7.7	0.1	7.6	0.10	7.60
Ago.	3	Ini.	0.47	1.41	15.5	0.6	14.9	0.60	14.90
Sep.	1	Ini.	0.47	1.54	15.4	0.8	14.6	0.80	14.60
Sep.	2	Ini.	0.47	1.68	16.8	1.1	15.7	1.10	15.70
Sep.	3	Ini.	0.47	1.77	17.7	3.2	14.6	3.20	14.60
Oct.	1	Des.	0.50	1.98	19.8	5.3	14.6	5.30	14.60
Oct.	2	Des.	0.59	2.49	24.9	7.1	17.9	7.10	17.90
Oct.	3	Des.	0.70	3.04	33.5	9.8	23.7	9.80	23.70
Nov.	1	Med.	0.80	3.60	36.0	11.4	24.7	11.40	24.70
Nov.	2	Med.	0.82	3.82	38.2	13.3	24.9	13.30	24.90
Nov.	3	Med.	0.82	3.72	37.2	21.4	15.8	21.40	15.80
Dic.	1	Med.	0.82	3.62	36.2	31.8	4.3	31.80	4.30
Dic.	2	Fin.	0.76	3.26	32.6	40.1	0.0	32.60	0.0
Dic.	3	Fin.	0.59	2.49	27.4	40.9	0.0	27.40	0.0
Ene.	1	Fin.	0.44	1.87	11.2	25.2	0.0	11.20	0.0

Tabla 2: Resultados entregados por CROPWAT 8.0 para el cultivo de tabaco en el área metropolitana del Valle de Lerma. Kc: Coeficiente de cultivo; ETc: Evapotranspiración del cultivo; PE: Precipitación efectiva; RR: Requerimiento de riego; RAC: Requerimiento de agua del cultivo.

En base a los resultados de RAC mostrados en la **Tabla 2**, se calculó la HA azul, verde y gris, utilizando los rendimientos específicos para cada año (ver **Tabla 1**). Los valores promedio obtenidos de HA en relación a una tonelada de tabaco fueron de 1244, 883 y 412 m^3/tn de agua azul, verde y gris respectivamente. Estos valores difieren (especialmente en relación al agua azul) con los presentados en relevamientos a nivel mundial, donde se establecen para el tabaco (Argentina) valores de 371, 920 y 250 m^3/tn para las fracciones azul, verde y gris respectivamente (Mekonnen y Hoekstra, 2011b). Las diferencias encontradas pueden deberse a que en este trabajo se utilizaron datos climáticos, edáficos más contextualizados a las condiciones locales, junto a datos más precisos de rendimiento.

En la **Figura 2** se observan los volúmenes totales de HA según cada fracción desde el año 2005 hasta el año 2014. Los mismos fueron en promedio de 28,3 hm^3/año de agua azul, 20,2 hm^3/año de agua verde y 9,4 hm^3/año de agua gris. De acuerdo al método utilizado, los volúmenes de HA calculados tienen en cuenta únicamente la evaporación del suelo y la transpiración del cultivo. Es posible que los volúmenes de riego del cultivo de tabaco sean mayores, si es que se tiene en cuenta la característica ineficiencia de riego que se presenta en este cultivo (Ledesma, 2012), donde en general se registran importantes pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial.

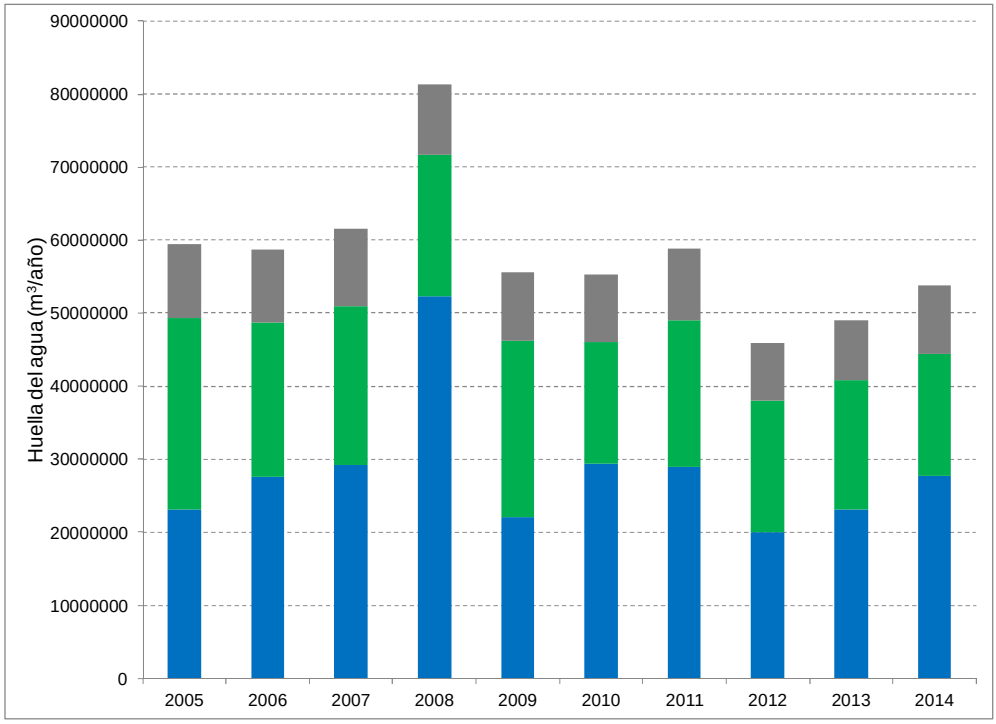

Figura 2: Volúmenes totales de HA según cada fracción desde el año 2005 hasta el año 2014 (m^3/año).

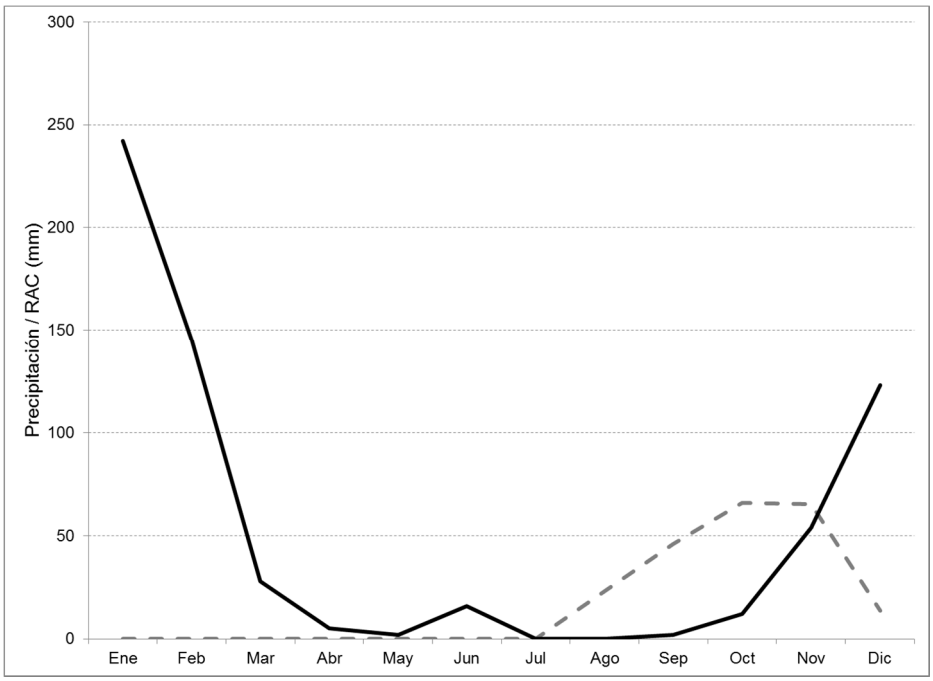

Figura 3: Requerimiento de agua del cultivo (RAC) para el tabaco (línea punteada) para el área metropolitana del Valle de Lerma y precipitación promedio (línea sólida) en la estación meteorológica del INTA en Cerrillos.

En la **Figura 3** puede observarse que los máximos requerimientos de riego del tabaco se corresponden con la época del año de mayor déficit hídrico en la región. Esto cobra importancia si se lo contextualiza con el problema de disponibilidad y acceso al agua potable existente en el área metropolitana, al igual que en muchos lugares de la provincia (Iribarnegaray y Seghezzo, 2012). El conocimiento acerca de la HA del tabaco en el Valle de Lerma puede aportar nueva información en un contexto de creciente conflictividad por el uso del recurso en la interface urbano-rural de esta región.

La proliferación de emprendimientos urbanísticos privados junto con un proceso de urbanización (no siempre planificado) de amplios sectores exige cada vez mayores volúmenes de agua para uso domiciliario, en una situación incierta en cuanto a la real disponibilidad del recurso (Gatto D'Andrea *et al*., 2011). La **Figura 4** muestra los habitantes equivalentes específicos para los volúmenes de agua azul utilizados en la producción de tabaco. Se observa que este cultivo demanda volúmenes de agua azul capaces de satisfacer las necesidades anuales de una población equivalente cercana a la mitad de la población de la ciudad de Salta (un promedio de 283.271 habitantes). Teniendo en cuenta que la producción de tabaco se concentra en unos pocos meses del año, la estimación de la población equivalente muestra la importancia relativa de apropiación de agua por parte del cultivo y el potencial impacto que podrían tener políticas de diversificación productiva que tiendan a promover cultivos agrícolas con menores requerimientos de agua.

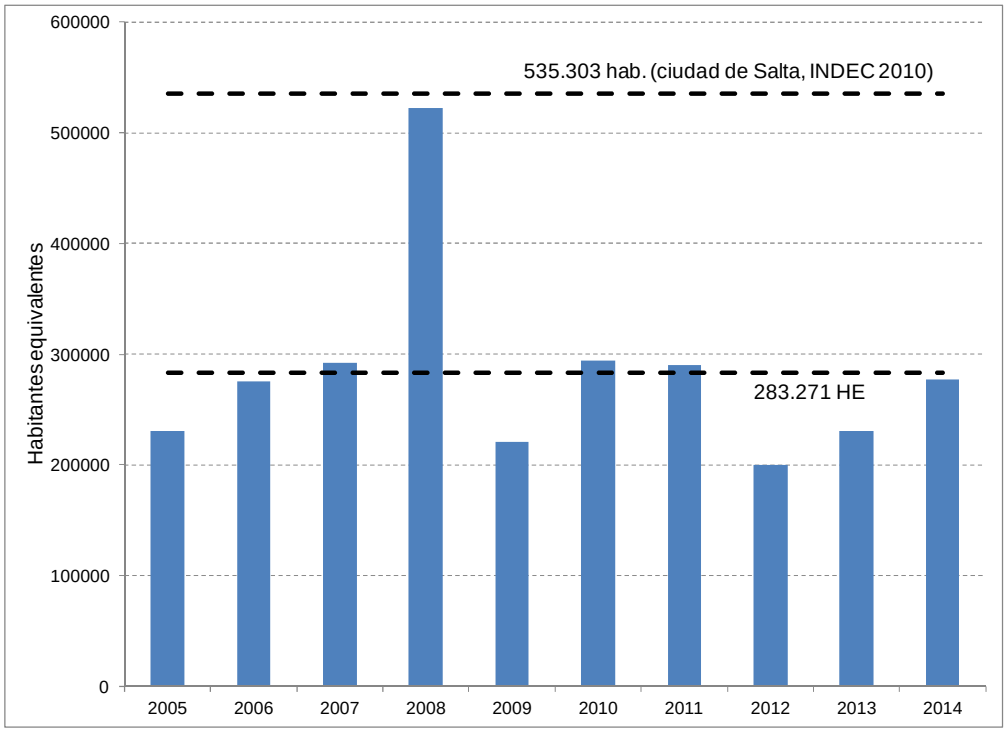

Figura 4: Los habitantes equivalentes estimados para los volúmenes de agua azul requeridos para cubrir el consumo del cultivo de tabaco. La línea punteada es la referencia para la población actual de la ciudad de Salta.

El cálculo de la HA fue capaz de mostrar la intensidad de utilización del agua por parte de esta actividad en el contexto de una región cada vez más densamente poblada. Este indicador podría aportar técnicamente al debate actual relacionado a los problemas de suministro de agua potable en el área metropolitana, donde el discurso de escasez natural del recurso promovido principalmente por las instituciones de gestión podría llegar a ser cuestionado (Iribarnegaray *et al*., 2014). Estos primeros resultados muestran además que es necesario profundizar el estudio de la HA (y el AV) como potenciales indicadores de procesos de apropiación de recursos hídricos, con impactos potenciales tanto espaciales como temporales en la disponibilidad de agua para las poblaciones urbanas relacionadas y otras actividades alternativas. El crecimiento constante de las áreas urbanas y las mayores demandas de alimentos obligan a repensar las estrategias productivas e incluir a la HA como un potencial indicador para asistir a los procesos de generación de políticas hídricas y planificación territorial a escala regional.

CONCLUSIONES

- Se calculó la huella del agua para la actividad tabacalera en el área metropolitana del Valle de Lerma. Los resultados mostraron que este cultivo tiene una evapotranspiración de 28,3 hm3/año de agua azul y 20,2 hm3/año de agua verde. Además son necesarios 9,4 hm3/año de agua para diluir la contaminación difusa relacionada al uso de fertilizantes (medida como nitratos).

- Definiendo un habitante equivalente que consume un volumen de agua azul de 100 m^3/año, la HA azul promedio utilizada en el cultivo de tabaco resultó equivalente al consumo anual de 283.271 habitantes, teniendo en cuenta un período de desarrollo del cultivo concentrado de agosto a diciembre.
- La importancia relativa de la HA azul en la producción de tabaco demuestra el importante papel del riego en este cultivo.
- El cálculo de la HA fue capaz de mostrar la intensidad de utilización del agua por una actividad productiva en el contexto de una región caracterizada por una incipiente urbanización y problemas de acceso a agua potable.
- Es necesario profundizar el estudio de la HA y el AV como potenciales indicadores de procesos de intensidades de uso y acaparamiento de agua a los fines de promover políticas tendientes a maximizar la eficiencia del uso de los recursos hídricos y brindar nueva información técnica para ser considerada en la planificación regional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la cooperación y la información provista por CoSAySa, la Administración del Fondo Especial de Tabaco de la provincia de Salta y la Secretaría de Recursos Hídricos y el INTA. Este trabajo fue financiado en parte por la Fundación Capacit-ar del NOA con fondos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT) (Proyecto PFIP 2008-1).

REFERENCIAS

Allan J.A. (1998). Virtual water: A strategic resource. Global solutions to regional deficits. Groundwater 36, 4, 545-546.

Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. (2006). Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la Determinación de los Requerimientos de Agua de los Cultivos. Estudios de la FAO para el riego y el drenaje N° 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

Azpiazu D., Schorr M., Crenzel E., Forte G. y Marín J. (2005). Agua potable y saneamiento en Argentina. Privatizaciones, crisis, inequidades e incertidumbre futura. Cuadernos del CENDES 22, 59, 45-67.

Chapagain A., Tickner D. (2012). Water footprint: Help or hindrance? Water Alternatives 5, 3, 563-581.

Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., Savenije H.H.G., Gautam R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics 60, 186-203.

Chaverri Guerrero R. (1995). El cultivo del Tabaco. EUNED. San José.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). (1978). Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper. Roma.

Galli A., Wiedmann T., Ercin E., Knoblauch D., Ewing B., Giljum S. (2011). Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. Ecological Indicators 16, 100-112.

Garrido A., Llamas M. R., Ortega C. V., Novo P., Casado R.R., Aldaya M.A. (2010). Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain: Resource Management and Policy. Fundación Marcelino Botín. Universidad Politécnica de Madrid. Springer. Madrid.

Gatto D’Andrea M.L., Iribarnegaray M.A., Fleitas A., Arredondo F., Cabral J.D., Copa F.R., Liberal V.I., Bonifacio J.L., Seghezzo L. (2011). Un plan de seguridad del agua para la ciudad de salta. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 15, 53-60.

Hanjra M.A., Qureshi M.E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. Food Policy 35, 365-377.

Herath I., Green S., Horne D., Singh R., Clothier B., (2014). Quantifying and reducing the water footprint of rain-fed potato production Part I: measuring the net use of blue and green water. Journal of Cleaner Production 81, 111-119.

Hoekstra A.Y., Mekonnen M.M., Chapagain A.K., Mathews R.E., Richter B.D. (2012). Global monthly water scarcity: blue water footprints versus blue water availability. PLoS ONE 7, 2, e32688.

Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the global standard. Earthscan, Londres.

Hoekstra A.Y. y Chapagain, A. (2008). Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. Blackwell Publishing. Oxford, Reino Unido.

INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010). Datos estadísticos disponibles en: http://www.indec.com.ar.

Iribarnegaray M.A., de la Zerda F., Hutton C.M., Brannstrom C., Liberal V., Tejerina W., Seghezzo L. (2014). Water-conservation policies in perspective: insights from a Q-method study in Salta, Argentina. Water Policy 16, 897-916.

Iribarnegaray M.A., Copa F.R., Gatto D'Andrea M.L., Arredondo M.F., Cabral J.D., Correa J.J., Liberal V.I. y Seghezzo L. (2012). A comprehensive index to assess the sustainability of water and sanitation management systems in Salta, Argentina. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development 2, 3, 205-222.

Iribarnegaray M. y Seghezzo L. (2012). Governance, sustainability and decision making in water and sanitation management systems. Sustainability 4, 11, 2922-2945.

Jefferies D., Muñoz I., Hodges J., King V., Aldaya M., Ercin A. (2012). Water Footpriont and Life Cycle Assessment as approaches to assess potential impacts of products on water consumption: Key learning points from pilot studies on tea and margarine. Journal of Cleaner Production 33, 155-166.

Ledesma F.M. (2012). Evaluación del efecto de distintos regímenes de riego como estrategia de riego deficitario controlado en Tabaco (Nicotiana tabacum L.). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

Lombrano A. (2009). Cost efficiency in the management of solid urban waste. Resources, Conservation and Recycling 53, 601–611.

Mehta L., Veldwisch G.J., Franco J. (2012). Water grabbing? Focus on the (re)appropriation of finite water resources. Water Alternatives 5, 2, 193-207.

Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrology and Earth System Sciences 15, 1577-1600.

Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. (2011b). National Water Footprints Accounts. The Green, Blue and Grey Water Footprint Production and Consumption. Volumen 2: Apendices. Institute for Water Education (UNESCO-IHE).

Paoli H. y Diez, J. (2006). Evaluación del Riego en Finca. Programa de desarrollo para productores tabacaleros. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Salta, Argentina.

Rodriguez C.I., Ruiz de Galarreta V.A., Kruse E.E. (2015). Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina, Journal of Cleaner Production 90, 91-96.

Rodríguez Faraldo M. y Zilocchi H. (2012). Historia del Cultivo del Tabaco en Salta. Talleres Gráficos Color. Salta.

Rushforth R., Adams E., Ruddell B. (2013). Generalizing ecological, water and carbon footprint methods and their worldview assumptions using Embedded Resource Accounting. Water Resources and Industry 1, 2, 77-90.

Soares D., Vargas S., Nuño M. (2008). La Gestión de los Recursos Hídricos: Realidades y Perspectivas. Tomo 1. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Universidad de Guadalajara. Guadalajara.

ABSTRACT

Water Footprint (WF) of the production process of Tobacco was calculated (from transplantation to harvesting) in the metropolitan area of the Valle de Lerma, Salta. The CROPWAT 8.0 software developed by FAO (*Food and Agriculture Organization*) was used for estimating the blue, green and grey WF fractions. Results showed that the crop evapotranspiration was 28.3 million m^3/year of blue water, 20.2 million m^3/year of green water and 9.4 million m^3/year of grey water. The blue WF fraction was compared with the average consumption of blue water of the inhabitants of the city of

Salta, showing that Tobacco demand an amount of water equivalent to the annual consumption of about half the population. The calculation of the WF was technically able to show the intensity of water use for a productive activity in the context of a region characterized by an incipient urbanization and problems related to drinking water accessibility. These initial results show that it is necessary to deepen the study of WF as potential indicators of appropriation processes of water resources

Keywords: water footprint, tobacco, metropolitan area, Salta.