

Área Bienes Naturales Problemas ambientales

El consumo de agua en los principales cultivos de la provincia de Entre Ríos

Pagliettini Liliana¹

Valerio Claudia²

Mozeris Gustavo³

Villegas Alan⁴

INTRODUCCIÓN.

En las últimas décadas se ha incrementado la competencia entre los diferentes usos alternativos del recurso agua, así como también existe una creciente preocupación por la asignación de la misma, con criterios de eficiencia. Esta situación no solo caracteriza a aquellas regiones con déficit en su balance hídrico sino también a las que poseen excedentes anuales, ya que la escasez se manifiesta en cantidad, calidad y oportunidad en las diferentes regiones del país.

El recurso hídrico se puede evaluar a través de su disponibilidad y calidad, pero los resultados no serían válidos si no se incluyera el acceso al mismo, el uso que se le asigna, la eficiencia con que se lo emplea y el impacto que genera su utilización en el ambiente (Abraham, 2005).

En Argentina, en muchos casos, se prioriza su uso en aquellas actividades de mayor productividad. Sin embargo, dada la multifuncionalidad del agua, es importante determinar los costos y beneficios directos e indirectos que esta genera en diferentes niveles del sistema económico y analizar cómo afecta al bienestar de la sociedad.

Desde comienzos del nuevo siglo se han desarrollado algunos indicadores, todavía en progreso, que presentan distintas formas de evaluación con el objeto de contribuir a la gestión integral de los recursos hídricos. Entre ellos se destacan los conceptos de agua virtual (AV) y huella hídrica (HH), que si bien presentan algunas limitantes conceptuales

¹ FA-UBA Departamento de Economía Desarrollo y Planeamiento Agrícola- Catedra de Economía Agraria pagliett@agro.uba.ar

² FA-UBA Departamento de Economía Desarrollo y Planeamiento Agrícola- Catedra de Sistemas Agroalimentarios cvalerio@agro.uba.ar

³ FA-UBA Departamento de Economía Desarrollo y Planeamiento Agrícola- Catedra de Sistemas Agroalimentarios gusmoz@agro.uba.ar

⁴FA-UBA Departamento de Economía Desarrollo y Planeamiento Agrícola- Catedra de Economía Agraria alanvillegas01@gmail.com

para abordar la temática de la gestión, suelen ser un punto de referencia para analizar el consumo de agua a escala temporal y espacial. Un aspecto importante que incorpora el concepto de HH es la posibilidad de diferenciar las fuentes de agua: agua verde, de la precipitación y agua azul o agua de riego, sea superficial o subterránea. Esto permite incorporar un elemento importante de diseño de política hídrica, dada la diferente valorización económica de los orígenes del agua consumida en la producción primaria.

La expansión de la superficie agrícola que registran las diferentes regiones del país a partir de la década del 70, se profundiza en la década del 90, donde la producción de granos prácticamente se duplicó. Esta tendencia continua en los últimos años, con una significativa intensificación en las técnicas de cultivo, siendo el riego una de las prácticas de mayor difusión, aun en zonas con excedente hídrico como consecuencia de la mayor variabilidad climática.

Entre Ríos, situada en el Litoral argentino, ha modificado el perfil productivo generando cambios en el consumo de agua tendientes a una mayor demanda de aguas superficiales y subterráneas, tanto en el cultivo de arroz, como en riego complementario para citricultura y para producción de cereales y oleaginosas.

“A ello debe sumarse la demanda en aumento de agua potable rural, de consumo animal e industrial, asociada ésta con los procesos madereros y citrícolas en la costa del río Uruguay” (Diaz et al, 2006).

En este sentido, la utilización del riego complementario se encuentra relacionada al potencial productivo de numerosos cultivos como es el caso del maíz para grano en donde se debe asegurar la provisión de agua para minimizar riesgos o el riego en la citricultura, donde la disponibilidad de agua permite mejorar la cantidad y calidad de la fruta y alcanzar los mercados de exportación.

Esto ha llevado al gobierno de Entre Ríos a planificar la construcción de una serie de acueductos con el fin de impulsar la reconversión productiva a través de la implementación del riego, contribuyendo al desarrollo y fortalecimiento del norte de la provincia.

El objetivo del trabajo es analizar el cambio en el uso del suelo y su incidencia en la demanda de agua, a escala espacial y temporal, de los principales cultivos en la provincia de Entre Ríos; diferenciado la fuente de agua como punto de referencia para el diseño de instrumentos de política hídrica.

En esta investigación se evalúa la HH para la producción primaria de cultivos de interés económico desde una perspectiva geográfica, al cuantificar el consumo de agua dulce de los principales productos de las cadenas agroalimentarias de la provincia de Entre Ríos. Como herramienta analítica permite comprender cómo las actividades y los productos se relacionan con la escasez de agua y con la fuente de abastecimiento, señalando un diferente costo de oportunidad. El análisis de la cadena de suministro se limita al sector agrícola por la importancia del mismo en la construcción de la HH. Según Hoekstra y Chapagain (2008), la contribución a la huella hídrica de un producto alimentario proveniente de la agricultura es importante, considerando que según estimaciones, el 86% de la HH de la humanidad proviene de este sector.

METODOLOGÍA

Este estudio analiza la evolución de la superficie sembrada de los principales cultivos en la provincia de Entre Ríos a escala departamental y en dos períodos, 1999-2010 y 2010-2018 y, determina para el maíz y soja la HH verde (secano) y la HH verde y azul para arroz (riego), y su relevancia económica en diferentes escalas:

- a. 1. Se agrupan 16 departamentos por regiones según el área de influencia de diferentes estaciones meteorológicas, San José de Feliciano de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos que comprende los departamentos de Feliciano, Federal, Federación, La Paz; la Estación Uruguay del INTA Uruguay que abarca los departamentos de Diamante, Colón, Gualeguay, Gualeguaychú, Nogoya, Tala, Uruguay, Victoria; y la Estación Concordia, del INTA Concordia que reúne los Departamentos de Concordia, Paraná, San Salvador y Villaguay.
- a. 2. Se analiza la evolución de la superficie sembrada promedio a escala departamental en la provincia de Entre Ríos, en el período 1999-2018 en base a información de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos para los cultivos de maíz, sorgo, girasol, arroz, soja y trigo y del Censo Citrícola 2016, para naranja y mandarina. Su análisis abarca dos etapas: 1999-2010 y 2010-2018
- a. 3. Se calculan las HHs de los cultivos de maíz, soja y arroz por departamento y se analizan los cambios en el consumo de agua, diferenciando los componentes verde y azul, para el cultivo con riego, y la huella verde para los cultivos de secano. Estos análisis se hicieron por área de influencia para los dos periodos considerados 1999-2010 y 2010-2018

Para obtener el requerimiento de agua de cada cultivo mencionado, el análisis se basó en el Método de Water Footprint Network (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011) extrayendo los datos necesarios para el cálculo mediante el programa informático CROPWAT 8.0 (FAO, 2003) y la base de datos climáticos, ClimWat 2.0 (FAO, 2003), desarrollados por especialistas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, con las especificaciones del Paper N° 56 de FAO (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998)

Para el abordaje, se requirió asumir ciertas simplificaciones por diferentes razones, motivo que lleva a considerar los resultados como una primera aproximación a la realidad. Las principales lagunas en este enfoque se debieron: a) la heterogeneidad de los suelos en un mismo departamento lo que determina el efecto de la real capacidad de almacenamiento; b) la falta de ponderación de la cantidad de agua de riego perdida por efectos físicos como por ejemplo, pérdidas laterales, bombeos ineficientes, incorrecta altura de bombas de extracción, equipos obsoletos, etc.; c) la cantidad de agua necesaria para disminuir la contaminación; y d) la reducción en el rendimiento de los cultivos cuando la demanda de riego no puede ser abastecida.

ANTECEDENTES

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 J. A., 1998; Hoekstra & Hung, 2002). Al establecer el concepto de AV un vínculo entre el agua, los alimentos y el comercio exterior algunos autores le asignan gran trascendencia en la gestión del agua (Allan J. A., 1993; Rocha Felices, 2011; Aladaya & Llamas, 2008).

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 huella hídrica (Hoekstra A. Y., 2003).

Hoekstra y Chapagain (2008) han demostrado que visualizar el uso oculto del agua detrás de los productos puede ayudar a comprender el carácter global del agua dulce y cuantificar los efectos del consumo y el comercio sobre el uso de los recursos hídricos.

La HH de un producto se define como el volumen de agua dulce que se utiliza para su elaboración, medido a lo largo de la cadena de producción y expresado en volumen de agua por unidad de producto ($m^3 \cdot ton^{-1}$). La HH a diferencia del AV es un indicador multidimensional, que muestra el volumen de agua consumida, la localización y el tiempo

en que se usó, así como su origen. Este indicador toma en cuenta el uso de agua directo como indirecto por parte de un consumidor (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Para el cálculo de la HH se clasifica su fuente según su origen, como agua azul, verde o gris. La HH azul se refiere al consumo de recursos hídricos azules (aguas superficiales y subterráneas) a lo largo de la cadena de suministro de un producto. La HH verde se refiere al consumo de recursos hídricos verdes (agua de lluvia en la medida en que no se convierta en escorrentía). La HH gris se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales de fondo y los estándares existentes de calidad del agua ambiental (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

La HH de un producto intermedio o final es la suma de las huellas del agua de las diversas etapas del proceso de producción.

La evaluación del AV y de la HH podría, por lo tanto, informar las decisiones de producción y comercio, promoviendo la producción de bienes más adecuados a las condiciones ambientales locales y el desarrollo y adopción de tecnología eficiente del agua. Sin embargo, la adopción de este enfoque requiere una buena comprensión de los impactos de tales políticas en las condiciones socioculturales, económicas y ambientales. Además, el agua no es el único factor de producción y otros factores, como la energía, pueden jugar un papel cada vez más importante en la determinación de la asignación y el uso de los recursos hídricos. (Aladaya & Llamas, 2008)

El aspecto de la evaluación de la HH depende en gran medida del enfoque de interés. Se puede estar interesado en la HH de un paso de proceso específico, en una cadena de producción completa, o en la HH de un producto final. O bien, el análisis de la fase primaria de un cultivo en la explotación agropecuaria que es el que se aborda en esta investigación.

Alternativamente, puede interesar conocer la HH de un consumidor o grupo de consumidores o la HH de un productor o sector económico completo. Finalmente, bajo una perspectiva territorial, se puede focalizar la HH total dentro de un área delimitada, como un municipio, provincia, nación, cuenca o cuenca hidrográfica. Dicha HH total es la agregación de la HH de muchos procesos separados que tienen lugar en el área (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Según el método de la WFN, lo importante al realizar un estudio de HH es fijar claramente los objetivos y el alcance del mismo. La fase de contabilidad de la HH propone recopilar datos y desarrollar las cuentas. El alcance y el nivel de detalle en la contabilidad dependerá de las decisiones tomadas en la fase anterior. Luego se aborda la fase de evaluación de la sostenibilidad con una perspectiva ambiental, así como desde una perspectiva social y económica. En la fase final, se formulan opciones de respuesta, estrategias o políticas. No es necesario incluir todos los pasos en un estudio. En la primera fase de establecimiento de objetivos y alcance, se puede decidir un enfoque solo en la contabilidad o detenerse después de la fase de evaluación de la sostenibilidad, dejando la discusión sobre la respuesta para más adelante. Además, en la práctica, este modelo de cuatro fases posteriores es más una pauta que una directiva estricta (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Algunos autores cuestionan los alcances y utilidad de los conceptos de AV y HH en lo que hace a su estructura conceptual, y fundamentalmente en cuanto al valor de la HH como indicador útil para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) (Llop y col., 2017) plantean una crítica al uso de la HH por el nivel de agregación que propone, disipándose la importancia de la cuenca como unidad primaria de gestión. Por otro lado, observan un truncamiento en el análisis perdiéndose la visión holística del sistema cuenca como un complejo agregado que incluye las dimensiones ambiental y social inmersas en las características hídricas, edáficas y climáticas de la región analizada. Finalmente advierten sobre la ausencia de resultados concretos en relación a cuestiones de carácter político y económico en función de su uso.

RESULTADOS

1. Área de estudio

Se dividió el área de estudio según la latitud atendiendo a la disponibilidad de datos climáticos según las Estaciones Meteorológicas. Esta subdivisión permite obtener valores precisos de demanda de agua por parte del cultivo ya que la estimación del contenido de la HH requiere de variables meteorológicas que dependen de la latitud, longitud y altitud. Se utilizaron los datos climáticos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos (SIBER).

Mapa 1: Zonificación de los departamentos considerados



Cuadro 1: Zonificación de los departamentos entrerrianos en función de la latitud

	SUBZONA 1	SUBZONA 2	SUBZONA 3
DEPARTAMENTOS	Federación	Concordia	Colón
	Federal	Paraná	Diamante
	Feliciano	San Salvador	Guauguay
	La Paz	Villaguay	Guauguaychú
			Nogoya
			Tala
		Uruguay	
		Victoria	

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia sobre mapa de [http://www.geointa.inta.gov.ar/wp-content/uploads/downloads/Laminas de Suelo s/Entre-R%C3%ADos_3.jpg](http://www.geointa.inta.gov.ar/wp-content/uploads/downloads/Laminas%20de%20Suelo/Entre-R%C3%ADos_3.jpg)

Tabla 1: Coordenadas geográficas y altitud de los departamentos zonificados

	SUBZONA 1							
	FEDERAL	FELICIANO	FEDERACIÓN	LA PAZ				
LATITUD SUR	30°57'58"	30°23'4.27"	30°59'0"	30° 45'0"				
LONGITUD WEST	58°48'0"	58°45'6.01"	57°55'0"	59°38'40"				
ALTURA snm (m)	68	62	41	55				
	SUBZONA 2							
	CONCORDIA	PARANÁ	SAN SALVADOR	VILLAGUAY				
LATITUD SUR	31°23'34.66"	31°43'55.09"	31°37'0"	31°51'55.08"				
LONGITUD OESTE	58°1'15.2"	60°31'25.68"	58°30'0"	59°1'36.8"				
ALTURA snm (m)	21	77	64	52				
	SUBZONA 3							
	NOGOYÁ	DIAMANTE	TALA	VICTORIA	GUALEGUAY	GUALEGUAYCHÚ	COLÓN	URUGUAY
LATITUD SUR	32°23'37.93"	32°4'0.01"	32°18'10.3"	32° 37' 14"	33°8'29.62"	33°0'33.73"	33°53'42.43"	32°28'56.96"
LONGITUD OESTE	59°47'22.31"	60°34'59.99"	59°8'43.62"	60° 9' 18"	59°18'34.78"	58°31'1.99"	61°6'3.96"	58°14'13.99"
ALTURA snm (m)	57	14	41	50	6	15	23	26

Fuente: Elaboración propia sobre datos de <https://www.geodatos.net/coordenadas/argentina>

2. Cambios en la superficie sembrada de los principales cultivos por Departamento en la provincia de Entre Ríos

a. Subzona 3, debajo de la latitud 32° sur.

En ella el departamento de Colon incrementa la superficie sembrada un 36%, entre la superficie promedio de las campañas entre 1999 / 2010 y las campañas entre 2010/2018, pero la proporción de cultivos se mantiene, aunque el girasol desaparece y la soja y el arroz adquieren mayor importancia. En el departamento de Diamante la superficie sembrada disminuye un 19,3 % en casi todos los cultivos principalmente soja , trigo y maíz.

Por su parte, Gualeguay y Gualeguaychu incrementaron un 6,5 % y un 35% respectivamente la superficie sembrada, fundamentalmente por el incremento del cultivo de maíz y soja.

Nogoya también incrementó la superficie sembrada un 16,3 % por el aumento de la soja y el maíz y cae la superficie de trigo. En el departamento de Tala este aumento fue del 48 %, donde el 80% de la superficie está sembrada con soja y maíz.

En Uruguay la superficie sembrada se incrementó un 54 %, el maíz triplicó la superficie sembrada y la soja y el trigo tuvieron significativos incrementos.

En Victoria la superficie sembrada disminuyó un 7 %, por una disminución en todos los cultivos, maíz, soja y trigo.

Los departamentos que producen arroz (Colon, Uruguay y Gualeguaychu) que en la campaña 2009/10 sembraban 20721 ha, en la campaña 2017/18 sembraron 8050 ha, este comportamiento acompañó la importante reducción del área sembrada que se produjo en todas aquellas explotaciones que utilizan riego de pozo.

b) Subzona 1 ubicada por encima de la latitud 31° Sur

En el departamento de Feliciano la superficie sembrada se incrementó un 52% por el aumento del cultivo de maíz, que duplicó su superficie, y también de arroz y soja.

Por su parte, Federal incrementó la superficie sembrada un 34% por aumento de la soja y el maíz, ya que el arroz permaneció estable.

En Federación la superficie sembrada se incrementó un 16 %, los citrus representan la principal actividad del departamento que aumento su superficie entre los censos 2004 y 2016, la superficie regada es el 34% de la superficie citrícola, le sigue en importancia relativa el arroz y la soja que ocupan igual superficie, además se observa un incremento de

la superficie sembrada de maíz y girasol. El departamento de La Paz incremento un 30 % la superficie, con la participación de todos los cultivos desde la soja, que es el más importante, como también el arroz, el sorgo, el maíz y el trigo. El girasol prácticamente desaparece.

Los departamentos que cultivan arroz usando como fuente de riego la represa (Federal, Feliciano, Federación) entre la campaña 2009/2010 y 2017/2018 mantienen la superficie sembrada en 21000 ha, y La Paz, cuya fuente de riego son los ríos, cultiva 7000 ha.

Federal, Federación y Feliciano, departamentos situados al nordeste, con el 50 % de su superficie cubierta por monte, buena aptitud de suelos, topografía adecuada y baja disponibilidad de agua en sus acuíferos, se convierte en una zona estratégica para la expansión agrícola basada en el aprovechamiento de agua superficial. La necesidad de lograr el desarrollo del norte entrerriano, con disponibilidad de excelentes condiciones de suelo y clima, mediante la reconversión productiva a través de un sistema de riego, impulsa al gobierno de Entre Ríos a planificar la construcción de una serie de acueductos fundamentalmente para citricultura y arroz. En ese esquema se encuentra el acueducto de Villa del Rosario, el acueducto de Santa Eloísa, el acueducto de Santa Ana y el acueducto del Mandisoví, sobre el Río Uruguay y los acueductos La Paz – Estacas y, el acueducto de la Zona Núcleo, estos últimos, ambos sobre el Paraná⁵.

c) Subzona 2, ubicada entre las latitudes 31° y 32° Sur

En el departamento de Concordia la superficie sembrada se incrementó un 17 %, donde el maíz más que duplicó la superficie y su importancia relativa, también el arroz, la soja y el sorgo incrementan la superficie sembrada. Mientras que el girasol disminuyó y los citrus, que representan la segunda zona en importancia regional, disminuyó su superficie.

⁵ A partir de Noviembre de 2011, se inició el estudio de pre-factibilidad del Proyecto de Sistematización y Distribución de Agua para Riego-Mandisoví Chico, ubicada en la Región Noroeste de la Provincia de Entre Ríos, ocupando un área total de 152.000 ha que se extienden dentro del territorio del Departamento Federación fundamentalmente. El fin del proyecto es contribuir al incremento del valor de la producción de las unidades productivas arroceras y citrícolas en el área donde el mismo tendrá impacto (MAGyP-PROSAP, 2011).

Durante tres años, este proyecto quedó archivado, iniciándose el 1° de julio de 2014, conversaciones con China para construir dos acueductos en la provincia mesopotámica. Se trata de los acueductos Mandisoví Chico y La Paz-Estacas, con una extensión de 546 kilómetros entre ramales principales y secundarios y demandando una inversión que supera los 300 millones de dólares (Télam, 2014).

En el caso del acueducto de Villa del Rosario, construido a partir de un Convenio entre el Gobierno de la Provincia de Entre Ríos y el PROSAP-BID se llevó a cabo con el objetivo de abastecer de agua a 2280,64 has con plantaciones citrícolas. El fin del proyecto es el incremento de los rendimientos por hectárea de la producción de la zona y mejora en la calidad de la fruta cosechada. Estos objetivos se alcanzarían mediante la aplicación de riego complementario a partir de la construcción de un sistema comunitario de riego conjuntamente con capacitación y asistencia técnica a los productores y el fortalecimiento de las instituciones responsables de la administración y funcionamiento del sistema (Silvero, 2015).

En Paraná la superficie sembrada disminuyó un 4 %, con la significativa caída del cultivo de girasol, y menores reducciones de superficie de maíz y trigo y aumento del área cultivada de soja y sorgo.

San Salvador ha incrementado la superficie sembrada un 9 %, con la participación de todos los cultivos menos el girasol, siendo la soja y el arroz los de mayor importancia relativa.

En Villaguay la superficie sembrada se incrementó un 29 %, sin embargo mientras que el arroz mantuvo su superficie promedio en ambos periodos, la soja la incremento significativamente. Trigo sorgo y maíz también aumentaron.

Los departamentos que cultivan arroz, utilizando riego de fuente subterránea (Concordia, San Salvador, Villaguay) que en la campaña 2009/10 sembraron 42.841 ha, redujeron la superficie, en la campaña 2017/18, a 26.500 ha.

3. Analizando para toda la provincia la tasa de crecimiento (TC) de la superficie sembrada de los principales cultivos para el período 1999 – 2010 , 2010 – 2018 y para 1999-2018 encontramos para el maíz valores para la totalidad de la serie que oscilan de - 2,2% a 8,6% predominando los valores positivos, producto del fuerte crecimiento que tuvo lugar en el periodo 2010-2018 con TC de 1,3 a 16,5% .

Para el mismo periodo (1999 – 2018) la TC de la superficie cultivada con arroz tiene un rango entre -18% y 5,4% predominando los valores negativos, esto se debe a la caída, TC - 15 % a -0,2%, en el período 2010-2018.

Es de destacar la reducción de la superficie sembrada con arroz, en los departamentos que riegan con agua de pozo entre la campaña 2009/10 y la campaña 2017/18 dejan de producir arroz 29.012 ha.

El cultivo que mayor expansión tuvo fue la soja, registrando una TC de 0 a 17,6% predominando valores positivos, como consecuencia de la alta TC que registran los departamentos en el periodo 1999 – 2010, entre 6% y 31%

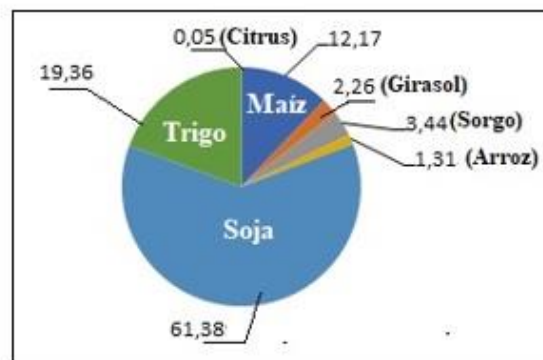
4. Cambios en la participación de la superficie sembrada promedio de los distintos cultivos por zona de influencia de la Estación meteorológica en el período 1999-2010 y 2010-2018 (tablas 2 y 3 y gráficos 1 y 2).

Tabla 2: Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Uruguay en el periodo 1999-2010 (Campañas 1999/00-2009/10)

Cultivos	Superficie sembrada - Periodo 1999-2010	
	ha	%
Maiz	128160	12,17
Girasol	23881	2,26
Sorgo	36228	3,44
Arroz	13826	1,31
Soja	646418	61,38
Trigo	203893	19,36
Citrus	566,6	0,053
Total	1052972,6	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Gráfico 1: Gráfico Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación meteorológica Uruguay el en el periodo 1999-2010 (campañas 1999/00 - 2009/10)



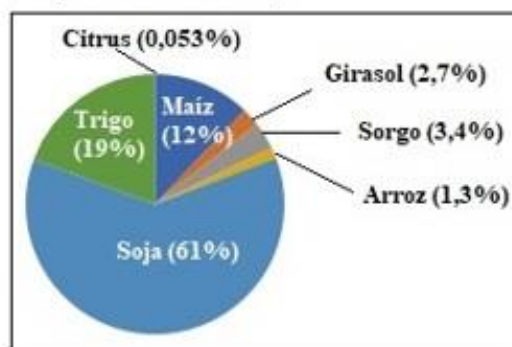
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Tabla 3: Cuadro Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Uruguay en el periodo 2010-2018 (Campañas 2010/11-2017/18)

Cultivos	Superficie sembrada - Periodo 2010 -2018	
	ha	%
maiz	169558	13,84
girasol	1315,5	0,1
sorgo	58622	4,78
arroz	12055	0,98
soja	793911	64,82
trigo	189140	15,44
citrus	117	0,009
Total	1224718,5	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Gráfico 2: Gráfico Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación Meteorológica Uruguay el periodo 2010-2018 (Campañas 2010/11-2017/18)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

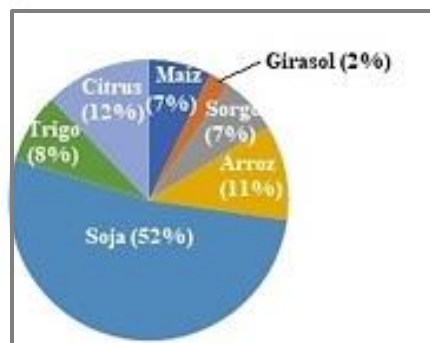
La participación de los diferentes cultivos en el área de influencia de la Estación Concepción del Uruguay, mantienen la misma importancia relativa en los dos periodos analizados, la soja como principal cultivo pasa de representar el 61,38% al 64,82%, el trigo pasa de 19,35% a 15,44% y el maíz 12,17% a 13,84%, gana importancia el sorgo de 3,44 a 4,78%, el girasol pierde participación también el arroz en menor medida (tablas 4 y 5 y gráficos 3 y 4).

Tabla 4: Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Feliciano en el periodo 1999-2010 (Campañas: 1999/00 – 2009/10)

Cultivos	Superficie sembrada - Periodo 1999-2010	
	ha	%
maiz	16676	7,28
girasol	5485	2,39
sorgo	15118	6,6
arroz	25138	10,97
soja	120222	52,49
trigo	18370	8,02
citrus	27997	12,22
Total	229006	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Gráfico 3: Gráfico Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación meteorológica Feliciano en el periodo 1999-2010 (Campañas: 1999/00 – 2009/10)



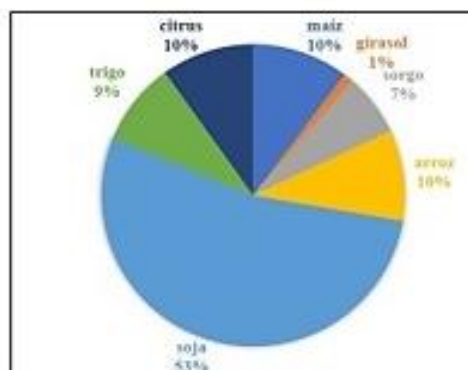
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos

Tabla 5: Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Feliciano en el periodo 2010-2018 (Campañas: 2010/11-2017/18)

Cultivos	Superficie sembrada - Periodo 2010-2018	
	ha	%
maiz	30541	10,28
girasol	3048	1,02
sorgo	19815	6,67
arroz	28931	9,74
soja	158782	53,46
trigo	26496	8,92
citrus	29379	9,89
Total	296992	100

Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

Gráfico 4: Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación meteorológica Feliciano en el periodo 2010-2018 (Campañas 2010/11-2017/18)



Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

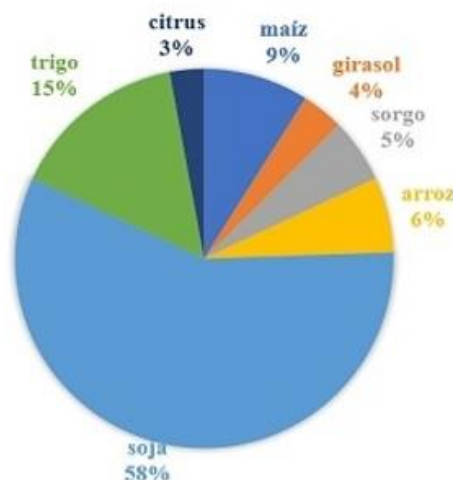
Analizando la participación de los diferentes cultivos en el área de influencia de la Estación Feliciano, la soja como principal cultivo pasa de representar el 52,49% al 53,46%, el maíz aumenta su participación relativa de 7,28 a 10,28, en los casos de los cultivos de arroz (de 10,97 a 9,74 %), el trigo pasa de 8,02% a 8,92 %, y el sorgo con el 6%, mantienen su participación relativa. Los citricultura, que es una de las actividades más importantes para la economía regional, si bien aumentaron la superficie sembrada bajo su participación de 12,22 a 9,89 %. Desaparece el cultivo de girasol. (Ver tablas 6 y 7, y gráficos 5 y 6).

Tabla 6: Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Concordia en el período 1999-2010 (campañas 1999/00 – 2009/10)

Cultivos	Superficie sembrada - Período 1999-2010	
	ha	%
maíz	42887	9
girasol	16968	3,56
sorgo	26077	5,47
arroz	30716	6,44
soja	273675	57,46
trigo	71968	15,11
citrus	13977,5	2,93
Total	476268,5	100

Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

Gráfico 5: Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación meteorológica Concordia en el período 1999-2010 (campañas 1999/00 – 2009/10)



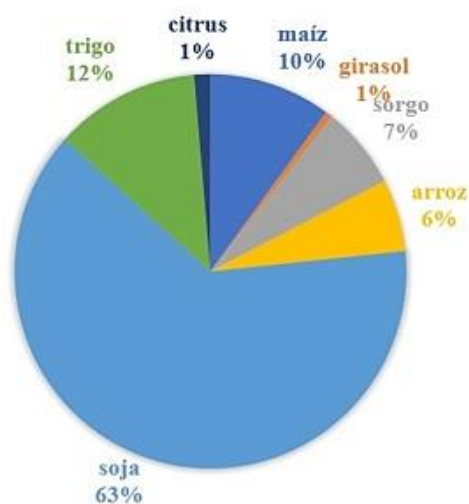
Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

Tabla 7: Superficie sembrada promedio por cultivo en el área de influencia de la Estación Meteorológica Concordia en el período 2010-2018 (Campañas 2010/11-2017/18)

Cultivos	Superficie sembrada - Período 2010 - 2018	
	ha	%
maíz	51492	10,06
girasol	2853	0,55
sorgo	34829	6,8
arroz	30333	5,92
soja	323842	63,3
trigo	61302	11,98
citrus	6891	1,34
Total	511542	100

Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

Gráfico 6: Participación de los diferentes cultivos en el total de la superficie sembrada promedio en el área de influencia de la Estación meteorológica Concordia en el período 2010-2018 (Campañas 2010/11-2017/18)



Fuente elaboración propia con datos de la Bolsa de cereales de Entre Ríos

En esta zona el cultivo de soja trigo y maíz son los que predominan, al soja aumenta su importancia relativa del 57,46% al 63,30%, el maíz de 9% a 10% y el trigo bajó su

participación de 15,11% a 11,98%. Los citrus han disminuido la superficie sembrada casi a la mitad y el girasol al igual que en el resto de la provincia deja de cultivarse.

5. Determinación de la Huella Hídrica

Para el cálculo de las HHs verde (maíz, soja y arroz) y azul (arroz) se empleó el programa informático libre de FAO, CROPWAT 8.0, el que requiere datos climáticos, edáficos y propios de cada cultivo.

Se calculó el promedio de precipitación mensual [mm], desde 2005 hasta 2018 para cada uno de los 16 departamentos considerados en el análisis de la base de datos SIBER de la Bolsa de Cereales de Entre Ríos. Los registros de $T_{máx}$ y $T_{mín}$ [°C] se obtuvieron de la base de datos de Climate-Data.org para una serie histórica de 1982 a 2012.

Para los datos edáficos se utilizaron mapas de GeoInta en SIG EEA INTA-Paraná. Características particulares como humedad del suelo disponible total, agotamiento inicial de la humedad del suelo y tasa máxima de infiltración de la precipitación, se aceptaron los datos ofrecidos por el programa, ya seleccionado el tipo de suelo para cada cultivo/departamento. Por falta de datos suficientes sobre heliofanía [h], velocidad del viento a 2 m [m/s] y HR [%], se utilizó información de la base de datos de ClimWat 2.0 para CropWat 8.0. Los coeficientes de cultivo, K_c inicial, medio y final se tomaron de (Andriani, 2016). Para el caso del arroz, se usaron valores propuestos por CropWat 8.0.

Se usaron fechas promedio de siembra para todos los casos considerados.

El alcance temporal se particionó en dos períodos, 1999-2010 y 2010-2018 ya que era importante para la evaluación en la variación del uso de la tierra.

Para los datos fisiológicos y características fenológicas de los cultivos, se recurrió a fuentes de información secundaria.

Se calculó la fracción de agotamiento crítico (p) promedio mensual, según las especificaciones de (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006) en el Paper N° 56.

Como factor de respuesta de la productividad de los cultivos considerados (K_y) en cada una de las etapas de crecimiento se admitieron los valores que ofrece por defecto el programa.

La precipitación efectiva (P_{peff}) es calculada directamente por el programa.

El cálculo de ET verde [mm] (evapotranspiración verde) se realizó según:

$$ET_{verde} = \min(ET_c, P_{peff}) \text{ y } HH_{verde} [mm \cdot ha^{-1}] = ET_{verde} [mm \cdot *] 10$$

$$\text{Luego, } HH_{\text{verde}} [mm.Ton^{-1}] = HH_{\text{verde}} [mm.ha^{-1}] / \text{Rendimiento} [Ton.ha^{-1}]$$

Para el caso del arroz, la HH verde se calcula de igual forma pero la ET azul es:

$$ET_{\text{azul}} [mm] = \max(0, \text{Irrigación efectiva}), \quad e \quad Irr. \text{ ef.} [mm] = Req. \text{ híd. del cvo} - P_{\text{peff}}$$

$$HH_{\text{azul}} [mm.Ton^{-1}] = ET_{\text{azul}} [mm] * 10 / \text{Rendimiento} [Ton.ha^{-1}] \quad (\text{Ver tablas 8, 10, 12})$$

Tabla 8: Resultados obtenidos en el cálculo de la HH verde para el cultivo de maíz (secano) en las 3 subzonas consideradas para los dos periodos establecidos para el análisis

PERIODO 1				PERIODO 2			
SUBZONA 1	RENDIMIENTO	HH VERDE	HH VERDE	SUBZONA 1	RENDIMIENTO	HH VERDE	HH VERDE
	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton		(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton
LA PAZ	5158,2	6.918	1341,22	LA PAZ	5306,9	6.907	1301,49
FEDERACIÓN	4719,5	7.016	1357,84	FEDERACIÓN	5108,6	7.028	1254,45
FELICIANO	5048,2	6.910	1368,86	FELICIANO	5485,9	7.043	1283,81
FEDERAL	4990,9	7.022	1406,93	FEDERAL	4822,6	7.019	1455,32
PROMEDIO		6.967	1368,71	PROMEDIO		6.999	1323,77
PERIODO 1				PERIODO 2			
SUBZONA 2	RENDIMIENTO	HH VERDE	HH VERDE	SUBZONA 2	RENDIMIENTO	HH VERDE	HH VERDE
	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton		(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton
CONCORDIA	4925	6.274	1273,91	CONCORDIA	5126,5	7.009	1367,08
SAN SALVADOR	4692,3	6.708	1429,67	SAN SALVADOR	4908,4	7.014	1429,10
PARANÁ	5536,4	6.989	1262,46	PARANÁ	5523,4	7.129	1290,78
VILLAGUAY	4923,6	6.658	1352,15	VILLAGUAY	5434,1	6.982	1284,87
PROMEDIO		6.657	1329,55	PROMEDIO		7.034	1342,96
PERIODO 1				PERIODO 2			
SUBZONA 3	RENDIMIENTO	HH VERDE	HH VERDE	SUBZONA 3	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde
	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton		(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton
COLÓN	4687,3	7.074	1509,18	COLÓN	5137,6	7.309	1422,65
DIAMANTE	6006,4	7.029	1170,25	DIAMANTE	5973,3	7.658	1282,04
GUALEGUAY	5734,5	7.476	1303,69	GUALEGUAY	6322	7.811	1235,53
GUALEGUAYCHU	5260,9	7.650	1454,12	GUALEGUAYCHU	5480,8	8.073	1472,96
NOGOYA	5433,6	6.840	1258,83	NOGOYA	5616,6	7.387	1315,21
TALA	5211,4	7.369	1414,02	TALA	5338,9	7.884	1476,71
URUGUAY	5168,2	7.618	1474,01	URUGUAY	5429,8	7.456	1373,16
VICTORIA	6900,9	7.150	1036,10	VICTORIA	6474,1	7.196	1111,51
PROMEDIO		7.276	1327,53	PROMEDIO		7.597	1336,22

Tabla 9: Resultados obtenidos en la valoración (u\$s/m³) para el cultivo de maíz (secano) en las 3 subzonas consideradas para los dos periodos establecidos para el análisis

PERIODO 1			PERIODO 2		
SUBZONA 1	m ³ /ha	u\$s/m ³	SUBZONA 1	m ³ /ha	u\$s/m ³
	6.967	0,074		6.999	0,116
PERIODO 1			PERIODO 2		
SUBZONA 2	m ³ /ha	u\$s/m ³	SUBZONA 2	m ³ /ha	u\$s/m ³
	6.657	0,076		7.034	0,115
PERIODO 1			PERIODO 2		
SUBZONA 3	m ³ /ha	u\$s/m ³	SUBZONA 3	m ³ /ha	u\$s/m ³
	7.276	0,076		7.597	0,1161

En el caso del cultivo de maíz ninguna de las tres zonas analizadas presenta diferencias significativas en los valores promedio de HH entre 1999/2010 y 2010/2018, si se observa

en el segundo periodo un mayor ingreso por m³ de agua, por una mejora en el precios del producto

Si analizamos a nivel departamento se observa un aumento de la Huella Hídrica hacia el noreste de la provincia con valores que oscilan entre 1465m³/Ton en el departamento de Colón a 1073 m³/Ton en el departamento de Victoria y esto aparece claramente asociado al tipo de suelo, donde los cultivos que se ubican en el área deltaica y los molisoles tienen los menores valores de HH y los mayores valores se ubican en suelos vertisoles.

Según Mekonnen y Hoekstra (2010), quienes estimaron la HH mundial analizando 126 cultivos en el período 1996-2005 encontraron valores medios mundiales de HH verde para maíz, en seco y en agricultura de regadío de 1.082 y 595 m³/Ton, respectivamente. Alvarez , Morábito, & Schilardi, (2016) en un estudio donde estiman las HH verde y azul del maíz en provincias del centro y del noreste argentino bajo tres condiciones (secano, riego y riego y fertilidad edáfica óptimos) encuentran valores para el maíz de seco un 26% inferiores al promedio mundial y una huella azul cercana al promedio mundial. La mayor Huella verde que se observa hacia el norte como consecuencia de menores precipitaciones esta relacionada con la baja de rendimientos que inciden en el valor de la huella

Según expresa Morábito en su trabajo “el agua verde tiene -en general- un costo de oportunidad menor que el agua azul”, se debe a su alta imprevisibilidad y a la menor factibilidad de usos alternativos, por lo tanto sería deseable incentivar su utilización "*in situ*" mediante labores culturales apropiadas, para maximizar su aprovechamiento: prácticas como el barbecho y la siembra directa, así como siembras transversales a la máxima pendiente que reducen el escurrimiento superficial. Fernández (2014) estimó un valor de HH verde en seco en dos sitios de la provincia de Buenos Aires (Pergamino y Quequén) de 631 Lkg-1, por debajo de lo estimado para seco, en el trabajo de Morábito (803 Lkg-1 HH verde promedio). Esto podría deberse a los altos rendimientos de maíz obtenidos en estos sitios. El mismo autor destaca que Osorio Ulloa (2013) menciona que -según estimaciones de la Water Footprint- Argentina, junto con China y Brasil, presentan las huellas hídricas totales más altas en comparación con los valores obtenidos en los principales países productores de maíz, influenciadas principalmente por los valores de HH verde (Alvarez , Morábito, & Schilardi, 2016).

Tabla 10: Resultados obtenidos en el cálculo de la HH verde para el cultivo de soja (secano) en las 3 subzonas consideradas para los dos periodos establecidos para el análisis

SUBZONA 1	PERIODO 1				SUBZONA 1	PERIODO 2		
	RENDIMIENTO (kg/ha)	HH VERDE m ³ /ha	HH VERDE m ³ /Ton			RENDIMIENTO (kg/ha)	HH VERDE m ³ /ha	HH VERDE m ³ /Ton
LA PAZ	1905,40	6.368	3342,08		LA PAZ	2107,10	6.347	3012,20
FEDERACIÓN	1708,30	6.313	3695,49		FEDERACIÓN	1933,90	6.310	3262,84
FELICIANO	1898,80	6.304	3319,99		FELICIANO	1982,30	6.325	3190,74
FEDERAL	1856,20	6.391	3443,06		FEDERAL	2099,90	6.192	2948,71
PROMEDIO		6.344	3450,15		PROMEDIO		6.294	3.103,62
SUBZONA 2	PERIODO 1				SUBZONA 2	PERIODO 2		
	RENDIMIENTO (kg/ha)	HH VERDE m ³ /ha	HH VERDE m ³ /Ton			RENDIMIENTO (kg/ha)	HH VERDE m ³ /ha	HH VERDE m ³ /Ton
CONCORDIA	1706,4	6.274	3676,75		CONCORDIA	2028,8	6.291	3100,85
SAN SALVADOR	1846,8	5.605	3034,98		SAN SALVADOR	2015,4	6.286	3118,98
PARANÁ	2182,3	6.616	3031,66		PARANÁ	2131,9	6.366	2986,07
VILLAGUAY	2080,0	6.297	3027,40		VILLAGUAY	2171,6	6.442	2966,48
PROMEDIO		6.198	3192,70		PROMEDIO		6.346	3043,10
SUBZONA 3	PERIODO 1				SUBZONA 3	PERIODO 2		
	RENDIMIENTO (kg/ha)	HH VERDE m ³ /ha	HH VERDE m ³ /Ton			RENDIMIENTO (kg/ha)	HH verde m ³ /ha	HH verde m ³ /Ton
COLÓN	1965,0	6.152	3130,79		COLÓN	2101,3	6.227	2963,40
DIAMANTE	2198,1	6.574	2990,76		DIAMANTE	2217,6	6.367	2871,12
GUALEGUAY	2349,5	6.887	2931,26		GUALEGUAY	2511,2	6.772	2696,72
GUALEGUAYCHU	2129,5	6.847	3215,31		GUALEGUAYCHU	2329,7	6.860	2944,59
NOGOYA	2092,7	6.933	3312,94		NOGOYA	2261,7	6.738	2979,17
TALA	2035,0	6.512	3200,00		TALA	2213,1	8.214	3711,54
URUGUAY	2030,5	6.477	3189,85		URUGUAY	2224,7	6.352	2855,22
VICTORIA	2556,4	6.852	2680,33		VICTORIA	2579,4	6.695	2595,56
PROMEDIO		6.654	3.081		PROMEDIO		7.000	3035,37

Tabla 11: Resultados obtenidos en la valoración (u\$/m³) para el cultivo de maíz (secano) en las 3 subzonas consideradas para los dos periodos establecidos para el análisis

SUBZONA 1	PERIODO 1				SUBZONA 1	PERIODO 2		
	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³			m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³
	6.344	3464,20	0,062			6.294	3.116,42	0,096
SUBZONA 2	PERIODO 1				SUBZONA 2	PERIODO 2		
	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³			m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³
	6.198	3192,70	0,067			6.346	3043,10	0,098
SUBZONA 3	PERIODO 1				SUBZONA 3	PERIODO 2		
	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³			m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$/m ³
	6.654	3.081	0,070			7.000	3035,37	0,099

En el caso del cultivo de soja la zona 1 presenta valores más altos de HH verde que las otras zonas principalmente en el periodo 1999/2010 producto de un menor rendimiento. Por otra parte los ingresos por m³ de agua verde evapotranspirada por el cultivo se incrementan en el segundo período por una mejora en los precios. Comparando la eficiencia económica con el cultivo de maíz, este último presenta un mejor resultado.

Analizando este indicador por departamento presenta un comportamiento similar al maíz, sus valores son crecientes en sentido noreste, con 3595 m³/Ton en Federación y 2680 m³/Ton en Victoria, asociado a tipo de suelo.

El mismo trabajo de Mekonnen y Hoekstra (2010), citado anteriormente, encuentra valores medios mundiales de HH verde para soja, en seco y en agricultura de regadío de 2079 m³/Ton y 1590 m³/Ton, respectivamente.

Un estudio del Consejo Federal de inversiones señala, para provincia de Buenos Aires, una HH verde en condiciones de seco que oscila entre las distintas regiones en año normal entre 1913 y 1257 m³/Ton considerando mayores rendimientos (Consejo Federal de Inversiones, 2013).

Tabla 12: Resultados obtenidos en el cálculo de la HH verde y azul para el cultivo de arroz y valoración en u\$s/m³ en las 3 subzonas consideradas para los dos periodos establecidos para el análisis y valoración

PERIODO 1	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	PERIODO 1	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	
SUBZONA 1	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	SUBZONA 2	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	
LA PAZ	5960	5871	985,07	1073	180,03	CONCORDIA	6403,2	5.730	894,37	1.113	173,82	
FEDERACIÓN	7069	6099	862,78	805	113,88	SAN SALVADOR	6496,3	4.240	652,68	1.472	226,59	
FELICIANO	6784,5	5930	874,05	985	145,18	VILLAGUAY	6531,6	5.328	815,73	1.738	266,09	
FEDERAL	6635	5959	898,12	958	144,39	PROMEDIO		5099,33	787,59	1441,00	222,17	
PROMEDIO		5964,75	905,00	955,25	145,87							
PERIODO 2	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	PERIODO 2	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	
SUBZONA 1	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	SUBZONA 2	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	
LA PAZ	6341,1	6.055	954,88	894	140,99	CONCORDIA	7674,4	6.524	850,10	319	41,57	
FEDERACIÓN	7550	6.612	875,76	292	38,68	SAN SALVADOR	7414,4	6.484	874,51	372	50,17	
FELICIANO	7347,8	6.650	905,03	265	36,07	VILLAGUAY	7318,9	5.621	768,01	1.446	197,57	
FEDERAL	7447,8	5.805	779,42	1.045	140,31	PROMEDIO		6209,67	830,87	712,33	96,44	
PROMEDIO		6280,50	878,77	624,00	89,01							
PERIODO 1	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	SUBZONA 1	PERIODO 1			SUBZONA 1	PERIODO 2	
SUBZONA 3	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³		m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³
COLÓN	6218,6	5.930	953,59	985	158,4	5964,75	905,00	0,074		6280,50	878,77	0,116
GUALEGUAYCHU	6528,9	4.855	743,62	2644	404,97							
URUGUAY	6812,4	5.229	767,57	2429	356,56	SUBZONA 2	PERIODO 1			SUBZONA 2	PERIODO 2	
PROMEDIO		5338,00	821,59	2019,33	306,64	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³		m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³
						5099,33	787,59	0,076		6209,67	830,87	0,115
PERIODO 2	RENDIMIENTO	HH verde	HH verde	HH azul	HH azul	SUBZONA 3	PERIODO 1			SUBZONA 3	PERIODO 2	
SUBZONA 3	(kg/ha)	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³		m ³ /ha	m ³ /Ton	u\$s/m ³
COLON	6287,8	5.663	900,63	1.131	179,90	5338,00	821,59	0,076		5601,67	857,36	0,1161
GUALEGUAYCHU	6282,9	6.176	982,99	1.323	210,57							
URUGUAY	7213,3	4.966	688,45	2.575	356,98							
PROMEDIO		5601,67	857,36	1676,33	249,15							

El cultivo de arroz se realiza bajo riego en la provincia de Entre Ríos, por eso los valores de HH poseen dos componentes, la HH verde y la HH azul, esta última registra el agua evapotranspirada por el cultivo incorporada por el riego. El porcentaje de HH verde y de HH azul que integran la HH Total, es variable por zona. En la Subzona 1, el promedio de ambos periodos es de 88% HH verde, 12% HH azul; en la Subzona 2 es de 84% HH verde, 16% HH azul; en la Subzona 3 es de 75% HH verde, 25% HH azul.

La HH Total no presenta diferencias significativas por zona, ni por periodo analizado. El trabajo de Mekonnen y Hoekstra (2010), presenta valores medios mundiales de HH verde

para arroz en agricultura de regadío de 869 m³/Ton y 464 m³/Ton de HH azul. Lo que señala una proporción diferente a la encontrada en este estudio de los componentes verde y azul, ya que el agua de riego es, según Hoekstra, el 35%.

Representa entre los cultivos analizados el de mayor eficiencia técnica y económica, con valores de HH Total que oscilan entre 1128,24m³/Ton y 927 m³/Ton. Por otra parte los ingresos generados por m³ de agua consumida por el cultivo es del orden de 0,154-0,264 us\$/m³

En todos los departamentos que cultivan arroz, el efecto del riego es reducir la variabilidad en los valores de la HHTotal

CONCLUSIONES

La revalorización de la agricultura a partir de la década de los 80, basada en un modelo de crecimiento liderado por las exportaciones en la mayor parte de las economías latinoamericanas, expandió la superficie sembrada de los principales cereales y oleaginosas e intensificó los requerimientos de mayor productividad en los diferentes cultivos.

Entre Ríos, ubicada en el Litoral argentino, no fue ajena a este proceso donde además de una mayor participación del capital financiero y agroindustrial en el sector primario se profundiza el uso de tecnologías intensivas en el uso de factores, donde cobra importancia el desarrollo del riego complementario en granos y citrus, además de la búsqueda de fuentes alternativas de agua para el arroz irrigado.

Los cultivos de maíz y soja de secano han sido los principales responsables de la expansión de la superficie agrícola en esta provincia en el período 1999/2018, mientras que el cultivo de girasol pierde importancia en el área de estudio. En el caso del maíz con tasas de crecimiento que oscilan entre 2,2% a 8,6% en los diferentes departamentos, producto del fuerte crecimiento que tuvo lugar en el período 2010-2018 con TC de 1,3 a 16,5%. Por otra parte, la soja registra una tasa de crecimiento de 0 a 17,6%, como consecuencia de la alta TC en los departamentos en el período 1999 – 2010, entre 6% y 31%.

El cultivo de arroz y las plantaciones de cítricos, de gran importancia regional por su incidencia en el PBI de la provincia, han sido estimulados por el gobierno provincial con importantes obras de infraestructura de riego que promueven el desarrollo del norte entrerriano. La principal característica del cultivo de arroz en el período analizado ha sido la reducción de la superficie sembrada en los departamentos que usan riego subterráneo,

por la pérdida de competitividad del sistema. Mientras que se ha incrementado la superficie plantada con cítricos en el departamento de Federación y el porcentaje regado, favorecidos por los sistemas de riego colectivo implementados en la provincia.

La huella hídrica calculada, es considerada en este estudio, como un punto de referencia para el análisis del consumo de agua a escala temporal y espacial para los principales cultivos en la región. Para el caso del maíz de secano a nivel departamental se observa un aumento de la Huella Hídrica hacia el noreste de la provincia con valores que oscilan entre $1465\text{m}^3/\text{Ton}$ en el departamento de Colón a $1073\text{m}^3/\text{Ton}$ en el departamento de Victoria y esto aparece claramente asociado al tipo de suelo. No se observan diferencias significativas en el valor de la huella hídrica promedio entre los periodos analizados entre 1999/2010 y 2010/2018, si se produce en el segundo periodo un mayor ingreso por m^3 de agua, por una mejora en el precio del producto. Si comparamos la tasa de crecimiento de la superficie sembrada de maíz, vemos que los mayores valores se asocian a aquellos departamentos con mayores valores de huella hídrica, con menor eficiencia en el uso del recurso.

En el caso del cultivo de soja, este indicador por departamento presenta un comportamiento similar al maíz, sus valores son crecientes en sentido noreste, con $3533\text{m}^3/\text{Ton}$ en Federación y $2637\text{m}^3/\text{Ton}$ en Victoria, asociado a tipo de suelo. Por otra parte los ingresos por m^3 de agua verde evapotranspirada por el cultivo se incrementan en el segundo período por una mejora en los precios

El cultivo de arroz se realiza bajo riego en la provincia de Entre Ríos, por eso los valores de HH poseen dos componentes, la HH verde y la HH azul. El porcentaje de HH verde y de HH azul que integran la HH Total, es variable por zona. En la Subzona 1, el promedio de ambos periodos es de 88% HH verde, 12% HH azul; en la Subzona 2 es de 84% HH verde, 16% HH azul; en la Subzona 3 es de 75% HH verde, 25% HH azul, sin embargo la mayor participación de la huella verde con respecto a otros estudios revela una menor dependencia del riego, en esta provincia para el desarrollo del cultivo

Si comparamos, en base a estos indicadores, los tres cultivos analizados, el arroz es el de mayor eficiencia técnica y económica, con valores de HH Total que oscilan entre $1128,24\text{m}^3/\text{Ton}$ y $927\text{m}^3/\text{Ton}$. e ingresos generados por m^3 de agua consumida por el cultivo en el orden de $0,154-0,264\text{us}\$/\text{m}^3$, mostrando además una muy baja variabilidad

entre zonas dada básicamente por el efecto de la incorporación del riego, que reduce las fluctuaciones de las variables climáticas

Del mismo modo el mayor valor que registran las huellas hídricas comparadas con los resultados de otros estudios, podría señalar más allá de las diferencias metodológicas, la comparación con situaciones con diferencias ambientales, técnicas y económicas que requiere profundizar el análisis visualizando al agua como un complejo subsistema que interactúa con el resto de los componentes del sistema hidro-socio-ambiental que es la cuenca. El prestar atención solamente a la dimensión cuantitativa del agua, lleva a abandonar la importancia de realizar un análisis sistémico, en el que se vinculen los recursos hídricos con el resto de los componentes de la cuenca, desestimando el carácter de bien social y económico.

La agricultura principal usuaria del agua, es clave para el desafío de la gestión hídrica y para ello se deben diseñar los instrumentos económicos adecuados que incorporen su valorización como recurso, diferenciando el componente verde y azul y aseguren su adecuada asignación.

REFERENCIAS

- Abraham, E, M. Fusari y M. Salomon (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: CYTED (véase pagina 85)
- Aladaya, M. M., & Llamas, M. R. (25 de agosto de 2008). *Water footprint analysis for the Guadiana river basin*. Obtenido de Papeles de Agua Virtual. N° 3: http://www.huellahidrica.org/Reports/Aldaya_and_Llamas_2008.pdf
- Allan, J. A. (1993). *Paper 2. Fortunately there are Substitutes for Water Otherwise our Hydro-political Futures would be Impossible*. Recuperado el marzo de 2015, de Priorities for Water Resources Allocation and Management. Overseas Development Administration: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/210-93PR-11967.pdf>
- Allan, J. A. (1998). *Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits*. doi: 10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x
- Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements*. Obtenido de FAO Irrigation and drainage paper 56: https://www.researchgate.net/publication/284300773_FAO_Irrigation_and_drainage_paper_No_56

- Alvarez , A., Morábito, J., & Schilardi, C. (22 de marzo de 2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mayz*) en provincias del centro y noreste argentino. *FCA UNCUYO*, 48(1), 161-177.
- Consejo Federal de Inversiones. (marzo de 2013). *Huella hídrica de los productos en las exportaciones de la Provincia de Buenos Aires*. Obtenido de Informe final: <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2013/01/huella-hidrica.-informe-final.pdf>
- Diaz, E;Duarte,O;Mendieta,M;Valenti, R;Fontanini,P;Noir, J;Barral G;PozzoloO; Lenzi,L(2006). *Eficiencia de conversión de energía de bombeo en agua en el riego de arroz en Entre Rios* En La reconversión del riego de arroz a energía eléctrica en Entre Rios.Ed UNER
- FAO. (2003). *Climwat: CLIMWAT 2.0 for CROPWAT*. Obtenido de Tierras y Aguas. Bases de datos y softwares: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/es/>
- FAO. (2003). *CropWat: CROPWAT 8.0*. Obtenido de Tierras y Aguas. Bases de datos y softwares: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- Hoekstra, A. Y. (febrero de 2003). *Virtual water trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Obtenido de Value of Water Research Report Series N°12 Delft, The Netherlands: <https://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (septiembre de 2002). *Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Obtenido de Value of Water. Research Report Series N° 11: https://waterfootprint.org/media/downloads/Report11_1.pdf
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Obtenido de Water Footprint Network: https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf
- Llop, A., Comellas, E., Buccheri, M., Mendoza, V., Puebla, P., Duek, A., . . . Bertrano, A. (13 de enero de 2017). *Sobre el alcance y aplicabilidad de la huella hídrica*. Obtenido de Asociación Argentina de Economía Agraria: http://www.aaea.com.ar/upload/files/publicaciones/179_20170113113450_T64.pdf
- MAGyP y PROSAP. (2011). Proyecto de Sismatización y Distribución de Agua para Riego Mandisovi Chico. Entre Rios. Disponible en: http://www.hidraulica.gob.ar/consultas_publicas/mandisovi_chico/Doc_Proyecto_Mandisovi.pdf
- Mekonnen , M. M., & Hoekstra., A. Y. (diciembre de 2010). *The green, blue and grey Water Footprint of crops and derived crops products*. Obtenido de Value of Water Research Report Series N° 47 UNESCO-IHE:

<https://waterfootprint.org/en/resources/publications/value-water-research-report-series-unesco-ihe/>

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (20 de enero de 2011). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. Obtenido de Hydrology and Earth System Sciences: <https://waterfootprint.org/media/downloads/Mekonnen-Hoekstra-2011-WaterFootprintCrops.pdf>

Rocha Felices, A. (4 de octubre de 2011). *El agua virtual y la huella hídrica en el siglo XXI*. Obtenido de Academia Peruana de Ingeniería. Actas de Conferencia: https://www.academia.edu/5689326/el_agua_virtual_y_la_huella_h%C3%8ddrica_en_el_mundo_del_siglo_xxi

Silvero, I., (2015). “*Evaluación Económica de los efectos de la incorporación del riego en la producción citrícola, en la zona de Villa del Rosario, Entre Ríos*” Tesis de grado para acceder al título de Licenciado en Economía y Administración agrarias.
Director: Pagliettini, Liliana

TÉLAM. (1 de julio de 2014). Obras de Riego. China y Entre Ríos firmarán un contrato para construir dos acueductos. <http://www.telam.com.ar/notas/201407/69423-china--entre-rios-acueductos.html>