



Desarrollo del Riego en Uruguay: Desafíos y oportunidades para la cuenca del Río San Salvador

Foto: Gervasio Finozzi

Raúl López Pairet

Ingeniero Civil H/S, Máster en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas. Director de Sigmaplus SRL. Área de investigación: Modelación numérica aplicada en hidrología, hidráulica y geotécnica.
raul.lopezpairet@sigmaplus.com.uy.

Gervasio Finozzi

Ingeniero Agrónomo, Coordinador Unidad de Agua y Ambiente, DGRN, MGAP.
gfinozzi@mgap.gub.uy

Paola Pedemonte

Ingeniera Civil H/A. Máster en Medio Ambiente. Unidad de Agua y Ambiente, DGRN, MGAP.
ppedemonte@mgap.gub.uy

Micaela Miranda

Ingeniera Civil H/A. Equipo Técnico en Sigmaplus SRL. Área de investigación: Modelación numérica aplicada en hidrología, hidráulica y geotécnica.
micaela.miranda@sigmaplus.com.uy.

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay avanza por un proceso de evaluación de los factores que influyen en la matriz productiva del sector agropecuario (MGAP, 2015). La adaptación a la variabilidad climática, en particular a eventos extremos de sequía, la productividad por hectárea, el balance de materia orgánica en el suelo y el uso eficiente de los recursos disponibles son algunos de los factores tenidos en cuenta a la hora de tomar una decisión respecto a una inversión nueva y al rumbo de la actividad existente. El riego juega un papel fundamental en todos estos factores (Arenare, Couto y Fontán, 2018; Hill, 2016) por lo que el conocimiento en territorio de sus consecuencias se hace imprescindible.

La Estrategia de Fomento del Desarrollo de la Agricultura Regada en Uruguay (MGAP, 2013) lista como una de las acciones para la expansión del riego generar planes de manejo integrado y eficiente de los recursos naturales de uso agropecuario, que contemplen todos los usos del agua y sus escenarios de desarrollo. Para ello es necesario un enfoque que tenga como unidad territorial la cuenca.

El estudio "Caracterización de las Cuencas del río San Salvador, río Yí y río Arapey para fines de riego" (BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016) dentro del Proyecto "Manejo Sustentable de los Recursos Naturales y Cambio Climático" del MGAP se enmarcó en la acción delineada en el año 2013. El objetivo general de dicho estudio fue al analizar el potencial de desarrollo de la agricultura irrigada en las cuencas de los ríos San Salvador, Yí y Arapey y planear su desarrollo futuro de forma organizada y sustentable.

El presente artículo describe el trabajo realizado en la cuenca del río San Salvador entre junio 2016 y diciembre de 2017.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. SITUACIÓN SOCIAL

En la cuenca se identificaron 1.950 explotaciones agropecuarias y una población de 31.841 personas que habitan en su entorno urbano y rural (INE, 2011). La estructura agraria presentada indica que 1.074 (54 %) son explotaciones de menos de 100 ha. En términos de actividades comunitarias presenta una red relativamente densa de organizaciones sociales e instituciones educativas en su territorio.

	Datos de la cuenca	Interior del Uruguay
Población en núcleos urbanos	80,0 %	91,8 %
Población joven	28,2 %	28,9 %
Ocupación en la rama agropecuaria	23,8 %	17,8 %
Tasa de desocupación	2,4 %	6,2 %
Adultos con escolarización menor a 9 años	60,0 %	52,3 %
Hogares con al menos una NBI	40,0 %	34,9 %

Cuadro 1. Cuadro 1 – Caracterización social de la cuenca del río San Salvador comparada con el resto del interior del Uruguay. Fuentes: López Pairet, 2017; INE, 2011a; INE, 2011b. BRL Ingenierie S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016.

Todas estas características sociales muestran que la ejecución de proyectos de riego puede tener efectos importantes en la población rural de la cuenca. Es necesario considerar, asimismo, la baja población de algunas partes de la cuenca, la falta de disponibilidad de mano de obra y la baja calificación de la población local, donde el 59 % de su población mayor de 18 años cuenta con menos de 9 años de escolarización (INE, 2011). La conjunción de estos tres elementos en algunas zonas podría aparejar dificultades para el desarrollo de las nuevas infraestructuras de riego (BRL Ingenierie S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016).

Las actividades productivas predominantes en la cuenca son ganadería, agricultura y forestación (MGAP-OPYPA, 2015). En la agricultura prevalecen los cultivos de secano, cultivos regados, siendo los principales cultivos soja, trigo, cebada, maíz y sorgo, con disminución del área en rotación con pasturas en la última década (FPTA - Mondelli M. *et. al.*, 2015). Con aproximadamente 257.000 ha cultivadas (83 % de la cuenca), los cultivos son realizados mayormente en siembra directa por empresas de diverso porte con similares paquetes tecnológicos, y variaciones en el nivel de inclusión de gramíneas y de pasturas en la rotación.

La cuenca del río San Salvador contribuye al 21 % de la producción nacional de trigo, 17 % para el maíz, 9 % de soja y 14 % de sorgo, mientras que la contribución de los otros cultivos es muy baja (BRL Ingenierie S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016). Respecto a las actividades ganaderas, las áreas de pastura representan menos de 1 % del área total de pastura a nivel nacional y la producción de leche en la cuenca representa alrededor de 0,3 % de la producción nacional (BRL Ingenierie S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016).

2.2. SITUACIÓN AMBIENTAL

Las condiciones ambientales estudiadas relativas al desarrollo de proyectos de riego fueron: las condiciones de calidad de aguas superficiales y subterráneas, la existencia de áreas

naturales protegidas en su territorio o en zonas adyacentes a las mismas, áreas de importancia para la conservación de las aves, áreas RAMSAR o áreas de Reserva de Biósfera. De acuerdo con el relevamiento preliminar realizado no se observan áreas protegidas ni de importancia para la conservación en la cuenca. A nivel de paisaje, el desarrollo de este tipo de proyectos no desentona con la actividad productiva que actualmente se realiza en la zona de estudio, ya que el paisaje es de una gran abundancia de manchas y corredores de hábitats naturales que se alternan con zonas de cultivos de distinta índole.

2.3. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

La cuenca del río San Salvador forma parte de la cuenca hidrográfica alta del río Uruguay y comprende una superficie de 3.085 km². De acuerdo con el régimen característico de precipitación del Uruguay, la cuenca presenta una alta variabilidad interanual de las precipitaciones y baja variabilidad dentro del año. Para los datos de caudales del río se dispone de información de una estación de aforo en el río San Salvador ubicada en Paso Ramos. Existen antecedentes de análisis de calidad de datos de esta estación en función del rango de caudales, que indican un error del 33 % para el tramo de caudales bajos, cuyo valor medio del rango es 3,6 m³/s y del 20 % para el tramo de caudales medios a bajos cuyo valor medio del rango es de 32,1 m³/s. Estos errores se amortiguan significativamente al considerar todo el rango de caudales, lo que permite disponer de una serie de caudales razonablemente confiables a paso mensual. Si bien este análisis se realizó en base a los datos de aforos para el período 1988-2000, no existieron en años posteriores actualizaciones en la tecnología de medición que supongan una disminución significativa del error. (DNH-IMFIA, 2001) Para la cuenca estudiada, la escorrentía anual promedio es de 463 mm, que se corresponde a un caudal de 45 m³/s, y al caudal específico de 15 l/s/km².

Se realizó un análisis del recurso disponible por zona, en cada una de las subcuencas, a escala anual y mensual, para los 30 años estudiados (abril 1985 hasta abril 2015). El cálculo de los aportes anuales acumulados de la cuenca muestra el volumen de agua que escurre por el río San Salvador, indicando el orden de magnitud de los recursos hídricos disponibles en la cuenca. Para los años estudiados, los aportes anuales varían entre un mínimo de 429 hm³ a un máximo de 2.600 hm³, con un promedio de 1.442 hm³. El percentil 90, es decir el volumen que el noventa por ciento del tiempo es superado, es 663 hm³. Si se supone una demanda para riego de 5.000 m³/ha/año (López Pairet, 2017), utilizando un 50 % de los aportes anuales se podrían regar 66.000 ha, contando con infraestructuras de almacenamiento anual.

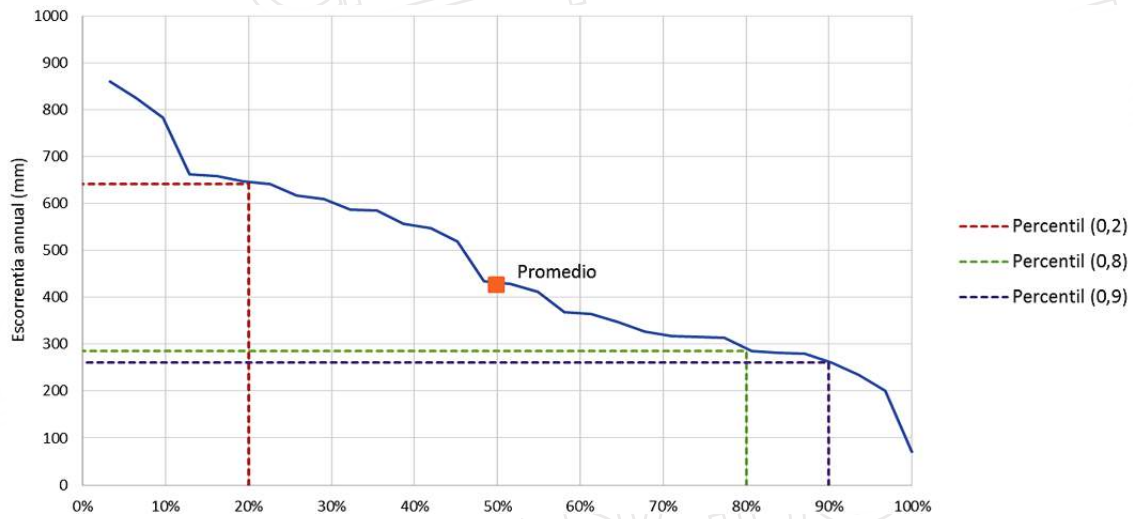


Figura 1. Curva de frecuencia de escorrentía anual en la cuenca del río San Salvador.
Fuente: Raúl López Pairet 2016 - BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016.

2.4. USUARIOS Y DEMANDA DE AGUA

La base de datos de tomas de agua superficial que se encuentran registradas en DINAGUA, se compone de 21 permisos: 17 con volumen otorgado y 4 en trámite, cuyo uso es fundamentalmente para riego de cultivos agrícolas tales como cereales/oleaginosas, arroz o forrajes/pradera/semilla. Las tomas representan un volumen anual de extracción de 19 millones de m³ y permiten el riego de una superficie de 4.403 ha. Existe una única toma de agua superficial para el abastecimiento de agua potable para la localidad de Dolores, la cual toma un volumen anual de 1,8 hm³ por año con un caudal instantáneo de 65 l/s.

En lo que respecta a embalses se encuentran registrados en DINAGUA 13 obras de almacenamiento; 9 de ellas operativas, 8 con volúmenes autorizados y 1 en trámite. Entre los 4 embalses restantes, 1 está en trámite pero no está ejecutado y 3 tenían permisos pero están fuera de operación. De las 9 obras que están operacionales, 7 son con destino a riego, mayormente de cereales y oleaginosas; 1 obra es para uso recreativo/turismo y 1 obra sirve para regulación. El volumen de almacenamiento total en la cuenca de San Salvador es de 6.4 millones de m³.

Estas obras controlan alrededor de 151 km² de cuenca, o sea un 5 % del área total de la cuenca del San Salvador.

Se identificaron además 27 pozos de agua subterránea que se usan fundamentalmente para riego, tambos y consumo humano y consumen un volumen anual total de 0,35 hm³. En total en la cuenca del San Salvador se identificaron 3.857 ha con permiso para riego, representando un 1 % del área agrícola existente. En promedio, en la cuenca la demanda anual total en el sector agrícola se estima alrededor de 11 hm³/año y para el sector ganadero de 3,57 hm³/año.

En lo que respecta a uso doméstico y demanda de agua potable, los volúmenes anuales de aguas superficiales ascienden a 2 hm³ de agua, mientras que los volúmenes anuales de aguas subterráneas son de 0,75 hm³, pertenecientes a 34 pozos registrados en la cuenca.

En la ilustración 2 se detallan las cantidades de recurso disponible en años promedio y secos, comparado con la demanda actual del recurso. Cotejando la disponibilidad de agua y las demandas actuales, surge que es posible promover reservas estratégicas de agua orientadas a la producción agropecuaria con riego.

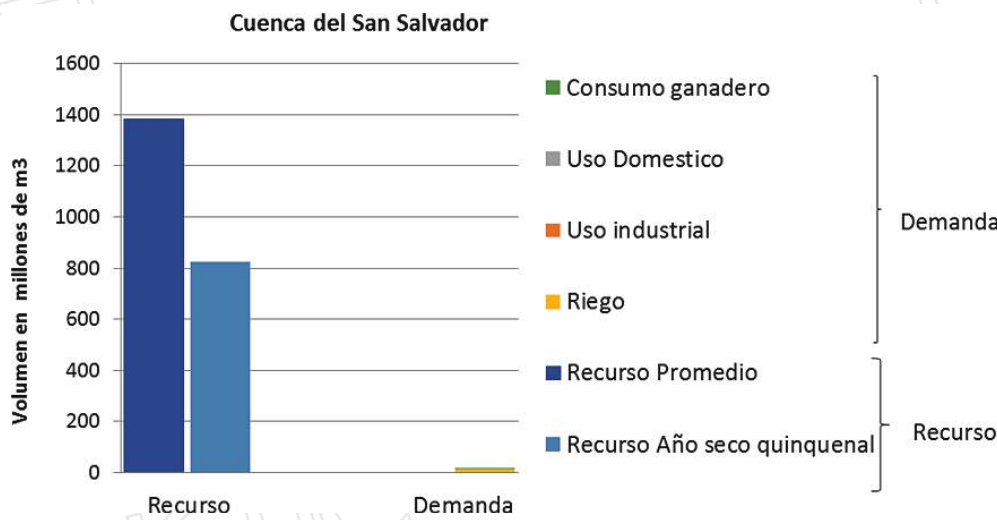


Figura 2. Balance recursos-demanda a escala anual en la cuenca del río San Salvador.
Fuente: Raúl López Pairet 2016; BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016.

3. ESCENARIOS DE DESARROLLO

El objetivo de esta etapa consistió en proponer, analizar y clasificar diferentes opciones de desarrollo de infraestructuras hidroagrícolas y proponer criterios para un posterior análisis multicriterio con el que se compararon los proyectos, permitiendo elegir los proyectos más interesantes para la cuenca del río San Salvador. La cuenca presenta abundancia en sus recursos hídricos con una buena aptitud de calidad del agua para uso en riego.

A pesar de esta abundancia del recurso, la alta variabilidad e imprevisibilidad del recurso sumado a la falta de obras de almacenamiento de agua, se presentan como una debilidad frente al desarrollo de la agricultura. En este sentido, se considera como una oportunidad para la cuenca el desarrollo de obras de almacenamiento para un mejor aprovechamiento del recurso hídrico. Se realizaron talleres en territorio, abiertos a todo público, con el objetivo de informar el diagnóstico obtenido y relevar los intereses de los productores en el uso del agua con fines agropecuarios, tanto sea para riego de cultivos como para abrevadero.

De esta forma se definieron zonas prioritarias de la cuenca para la proyección de las obras de almacenamiento, definiendo posteriormente el emplazamiento de cada una de ellas. Luego se determinaron las superficies potenciales a regar teniendo en cuenta algunos criterios como la aptitud de los suelos, la topografía del terreno y zonas buffer a cursos de agua, permitiendo con este dato la estimación del volumen de cada embalse. Seguidamente se procedió a ajustar el volumen previamente estimado con un modelo matemático de balance de recursos hídricos a nivel de cuenca. Definido el emplazamiento de la represa, el volumen almacenado y la superficie a regar, se diseñaron a nivel de pre factibilidad las principales obras necesarias para el almacenamiento, transporte y la distribución del agua de riego hasta las parcelas.

Con la metodología explicada anteriormente se proyectaron y analizaron 8 diferentes represas de almacenamiento con alternativas en cuanto a la conducción del agua y potencial de riego, alcanzando un total de 15 proyectos de desarrollo. En todos los casos se planteó la hipótesis de riego de los cultivos que actualmente se realizan en la cuenca.

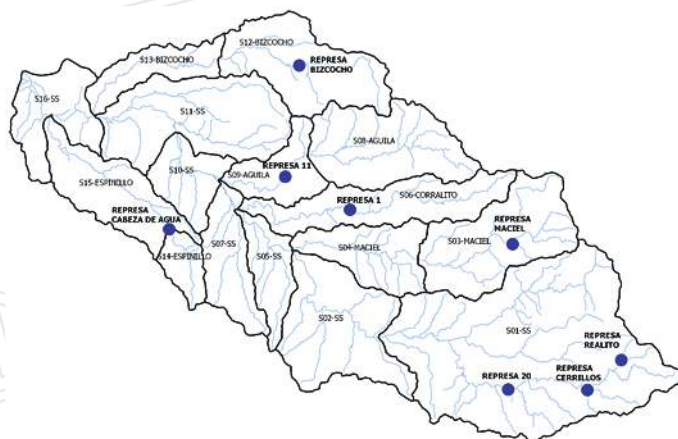


Figura 4. Plano de ubicación de los proyectos propuestos sobre la cuenca del río San Salvador. Fuente: Raúl López Pairet 2016

Se utilizó el modelo hidrológico WEAP (Modelo de Planificación y Evaluación del Agua por sus siglas en inglés; ver Hansen, 1994) para la asignación de agua en los escenarios analizados en la cuenca. Estos escenarios incluyeron el concepto caudal ambiental, distintas alternativas de caudales, así como de momentos de uso del agua para los distintos usuarios. Para cada uno de los proyectos planteados se estimaron los costos de inversión, operación y mantenimiento. El análisis económico de los proyectos consistió en realizar una estimación de los



Figura 3. Fotografía de un taller de presentación al público. Fuente: Raúl López Pairet 2016; BRL Ingenierie S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016.

costos y beneficios asociados a lo largo de un periodo para obtener indicadores económicos como uno de los criterios para la toma de decisiones: la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN), costos de inversión por ha, costo del m³ de agua y su valorización, los empleos creados con el proyecto, entre otros.

Además de criterios económicos se consideran otros criterios para elegir los mejores proyectos. Es por esto que se efectuó además un análisis multicriterio que permite tomar en cuenta otros criterios, sociales, ambientales y factores de desarrollo agrícola para evaluar la pertinencia de cada uno de los escenarios estudiados. Entre los criterios de desarrollo agrícola se encuentran el área regada, costo unitario de la inversión y la relación área de riego con área potencial. Los criterios de carácter social muestran el número de productores familiares potencialmente beneficiados, el número de edificaciones inundadas por el lago de la represa, y el empleo rural, y los criterios del área ambiental son la demanda de riego sobre el volumen de escorrentía, el área de monte nativo ribereño inundado, la existencia de áreas protegidas aguas abajo del embalse, entre otras. En esta primera etapa las tres dimensiones de criterios — técnico-económico, social y ambiental — tienen el mismo peso.

4. EVALUACIÓN

Del análisis económico se desprende que dos de los escenarios planteados son económicamente interesantes, Represa 01 y entre 1 y 2 millones de dólares, explicando la baja rentabilidad de todos los proyectos principalmente con la alta valorización de la zona aún sin el proyecto por el alto índice de productividad del suelo. El costo de inversión por ha de los proyectos evaluados varía entre 4.570 y 6.500 USD/ha

mientras que el costo del agua considerando los costos de inversión y operación se encuentran entre 0,18 y 0,21 USD/m³.

Al considerar los criterios sociales, agrícolas y ambientales, el proyecto denominado Represa 02 surge como el más interesante de la cuenca. Este proyecto captaría una cuenca de 27.048 ha y tendría una capacidad de riego de 6.950 ha, de las cuales 2.100 ha se regarían mediante bombeo directo desde la represa mediante tuberías y 4.850 ha cuya demanda de agua sería transportada por el curso hasta estaciones de bombeo y luego distribuida hacia los equipos de riego.

Del balance hídrico se desprende que el proyecto no tendría impacto negativo significativo a nivel de toda la cuenca y un impacto reducido en la zona donde se localizaría el embalse. En términos del empleo rural, el valor de empleos directos generados ascendería a 71, pudiendo beneficiar a 14 productores familiares. La afectación del lago de la represa sobre el monte nativo es un punto para tener especial atención, puesto que el lago de la Represa 02 inundaría una superficie total de 587 ha de las cuales 26,5 ha corresponden a monte nativo. Por último, del análisis económico se desprende que se generarían 4,5 millones de dólares anuales por la producción agrícola adicional generada.

4.1. PLAN DE ACCIÓN

El desarrollo de la mayoría de los componentes se podría realizar mediante la aplicación de acciones y/o medidas estructurales y no estructurales. Estas acciones se pueden agrupar en cuatro ítems con varios componentes, donde se pueden ver las medidas de los dos tipos.

1. *Desarrollo de infraestructuras*: instalación de infraestructuras propias de cada proyecto y adicionales directamente relacionadas con el desarrollo del riego tales como electrificación, transporte, centros educativos y de salud.



2. **Conservación de los ecosistemas y de los recursos naturales:** medidas para la protección de la biodiversidad y la vida silvestre, preservación del suelo, gestión de la calidad del agua y prevención contra desastres naturales.

3. **Consolidación institucional y jurídica:** fortalecimiento del contexto institucional y jurídico con vistas a promover el desarrollo de la agricultura regada, fortalecimiento de las instituciones nacionales, organización de los actores, análisis del marco legal y desarrollo del monitoreo y la evaluación para las acciones planificadas.

4. **Desarrollo socio-económico:** identificación de las necesidades de capacitación de recursos humanos, apoyo económico-financiero mediante la capacitación de los agentes del sector, asistencia técnica mediante extensión, programas educativos, alternativas de evaluación económica a nivel de cuenca y financiamiento de iniciativas y proyectos de desarrollo agrícola para riego.

Para efectivizar las acciones anteriormente mencionadas, es prioritario definir los horizontes de desarrollo en el corto, mediano y largo plazo, siendo los mismos determinados por todos los involucrados en la cuenca.

5. CONCLUSIONES

Este estudio nos genera desafíos para la gestión futura del agua y del suelo. Las interrogantes no deben verse como obstáculos para seguir avanzando sino como oportunidades para la mejora en el conocimiento, la investigación, la toma de

decisiones y la gestión integrada de los recursos. Debemos progresar en el conocimiento de la tecnología disponible, la eficiencia en el uso del agua, las nociones de asociativismo colectivo con un fin común, entre otros. Existe una gran oportunidad de cambio cultural que empiece con el productor y se apoya en las iniciativas públicas y privadas en temas de capacitación, gestión conjunta y trabajo interinstitucional por parte del Estado.

En el ámbito de la definición de políticas, planes y programas se puede contar con herramientas de apoyo que integren a todas las partes como por ejemplo la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Esta herramienta se basa en el concepto de transitar por un proceso de integración de los involucrados para la definición de objetivos y criterios de desarrollo comunes que busquen la sostenibilidad. El resultado de este proceso es fortalecer las definiciones adoptadas y el relevamiento de riesgos y oportunidades en un territorio como la cuenca.

A estos espacios se les debe sumar el análisis económico con costo-beneficio desde el punto de vista del productor y el inversor, adicionando una evaluación social que incluya los efectos sociales y ambientales para conocer cuál es el bienestar social resultante de la implementación del proyecto y así definir líneas de acción del Estado para promover o no este tipo de emprendimientos.

AGRADECIMIENTOS

A los productores y técnicos que participaron del estudio realizado, por brindar información y aportar propuestas para el desarrollo del trabajo.

A las instituciones privadas y públicas que fueron partícipes activos para la realización del estudio. ♦

BIBLIOGRAFÍA

Arenare, L.; Couto, P.; Fontán, M. V. (2018). Informe sobre Riego en Uruguay. MGAP, Trabajos Especiales N° 354.

Cervetto, G. (2016). Plan de monitoreo del río San Salvador: Informe de actividades y presentación de resultados. MTVOTMA.

Hansen, E. (1994). WEAP – A system for tracking water resource problems. *Water Management Europe 1993/94: An annual review of the European water and wastewater industry*, pp. 74-5, 1994.

Hill, M. (2016). Riego en Uruguay: estrategias para su desarrollo. Anuario OPYPA 2016 (271-282).

INE (2011a). Resultados del Censo de Población 2011: población, crecimiento y estructura por sexo y edad. Instituto Nacional de Estadística, Uruguay.

INE (2011b). Principales Resultados Encuesta Continua de Hogares 2011. Instituto Nacional de Estadística, Uruguay.

BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL (2016). Informe de diagnóstico de la cuenca del río San Salvador. Caracterización de las Cuencas del río San Salvador, río Yí y río Arapey para fines de riego, 2016. Proyecto DACC. MGAP.

BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL (2016). Informe inicial. Caracterización de las Cuencas del río San Salvador, río Yí y río Arapey para fines de riego. BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2016. Proyecto DACC. MGAP.

BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL (2017). Términos de referencia para los estudios de viabilidad de los tres proyectos prioritarios. Caracterización de las Cuencas del río San Salvador, río Yí y río Arapey para fines de riego. BRL Ingeniería S.A. y SIGMAPLUS SRL, 2017. Proyecto DACC. MGAP.

MGAP (2015). El desarrollo agropecuario y agroindustrial de Uruguay: Reflexiones en el 50 aniversario de la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA-MGAP).

MGAP (2015). Regiones Agropecuarias (OPYPA-MGAP)

Mondelli, M; Arbeletche P., Silva M., Peloché D. & Rosa A. FPTA (2015). Cuantificación del impacto en el uso de los Recursos Naturales y el medio ambiente de diversos sistemas productivos agrícolas por taxonomía organizacional.