

ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN EL ÁREA PILOTO RECONQUISTA (SANTA FE, ARGENTINA)

INTEGRATED GROUNDWATER MANAGEMENT STRATEGIES FOR AGRICULTURAL IRRIGATION IN RECONQUISTA PILOT AREA (SANTA FE, ARGENTINA)

Musacchio, Verónica¹; Tujchneider, Ofelia¹; Perez, Marcela¹ y Paris, Marta¹

Resumen

La agricultura en el sector rural del norte santafesino forma parte del desarrollo económico de la región y conforma uno de los principales usuarios de los recursos hídricos disponibles. En particular, se utiliza el agua subterránea para riego agrícola, cuando la distribución y cantidad de las precipitaciones durante el ciclo de los cultivos no es suficiente para su normal desarrollo.

En la actualidad no se cuenta con una regulación del uso del agua en la provincia. Esto da lugar a la extracción del recurso hídrico subterráneo para riego de modo tal de suplir la demanda de los cultivos, pero sin el conocimiento adecuado del funcionamiento del acuífero, generando la posibilidad de contaminación y utilización en forma desmedida.

El objetivo de este trabajo es formular estrategias de gestión integrada y sostenible de este recurso, en un área seleccionada que comprende parte los departamentos General Obligado, Vera y San Javier, en la provincia de Santa Fe, Argentina, con una superficie de alrededor de 3.500 km², denominada para el análisis "área Piloto Reconquista".

Se realiza una evaluación cualitativa de la cantidad y calidad del agua subterránea presente en el área, de las prácticas de riego actuales, de los usuarios del recurso y sus interrelaciones, de las organizaciones involucradas, y de la caracterización del marco legal.

A partir del diagnóstico de la situación actual del uso de la fuente subterránea, se definieron las acciones estratégicas con miras a gestionar la oferta y la demanda de este recurso para el riego agrícola, con la finalidad de lograr un desarrollo social, económico y ambiental integrado en el sector.

Palabras clave: recurso hídrico subterráneo, riego agrícola, estrategias de gestión integrada

Abstract

In the rural sector of the north of Santa Fe province, agriculture is part of the economic development of the region and is one of the main users of the available water resources. In particular, groundwater is used for agricultural irrigation when the distribution and quantity of rainfall during the crop cycle is not sufficient for its normal growth.

At present, in the province, there is no regulation of water use. This leads to the extraction of groundwater for irrigation so as to supply the crop demand, but without the adequate knowledge of aquifer behavior, generating the possibility of groundwater pollution and intensive use.

The objective of this research is to formulate strategies for the integrated and sustainable groundwater management, in a selected area which encompasses part of General Obligado, Vera and San Javier departments (Santa Fe province, Argentina) whose area is of about 3,500 km². For the analysis it is called "Reconquista pilot area".

A qualitative assessment of the quantity and quality of groundwater resource, current irrigation practices, groundwater users and their interrelationships, organizations involved, and the characterization of the legal framework was carried out. From the diagnosis of the current situation of groundwater use, strategic actions were defined in order to manage the supply and demand of this resource for agricultural irrigation, with the aim of achieving an integrated social, economic and environmental development in the sector.

Key words: groundwater resource, agricultural irrigation, integrated management strategies

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El sector de estudio se encuentra en el norte de la provincia de Santa Fe, en las regiones naturales de la Llanura Chaqueña y la Cuña Boscosa, comprendiendo parte de los Departamentos General Obligado, San Javier y Vera. Ocupa una superficie de 3.500 km², abarcando la cuenca hidrográfica del

arroyo Malabrigo (Figuras 1 y 2). A los fines del análisis este sector se denominará "área Piloto Reconquista". La población se concentra mayormente en el conglomerado urbano de Reconquista-Avellaneda (Departamento General Obligado) con casi 100.000 habitantes, y el resto de los pobladores se encuentran agrupados o dispersos en el sector rural.

1 Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral. musavero@yahoo.com.ar; ofeliatujchneider@yahoo.com.ar; perezmarcelaa@gmail.com; parismarta@gmail.com

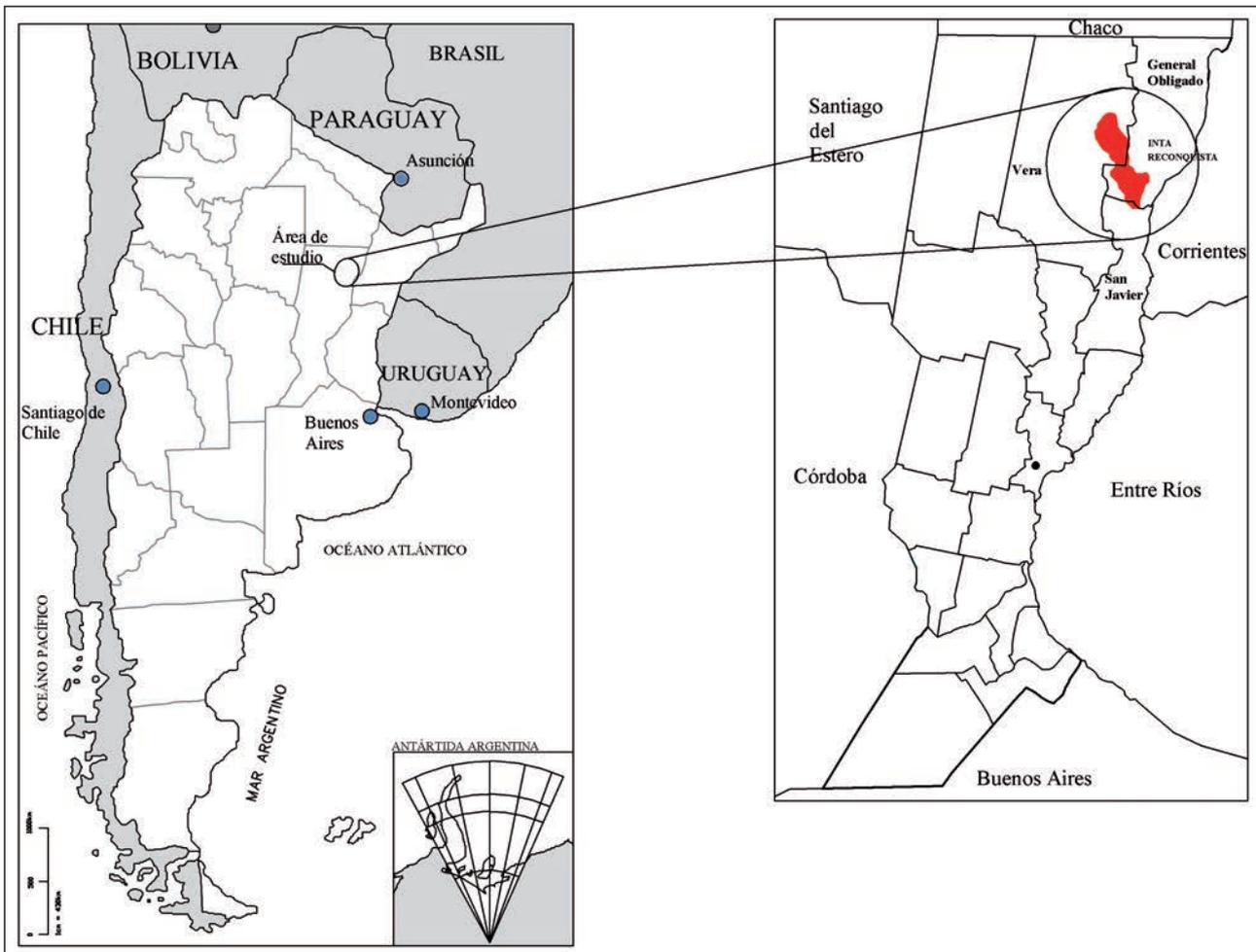


Figura 1. Ubicación general del área de estudio

La zona presenta intensa actividad agropecuaria y agroindustrial, siendo el sector rural uno de los principales usuarios de los recursos hídricos, mostrando un escenario de competencia entre los diversos usos (agrícola, ganadero, industrial, urbano y turístico).

De acuerdo con los Censos Nacionales Agropecuarios 2002 y 2008 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (INDEC – CNA, 2002 y 2008), los cultivos de mayor superficie sembrada en el sector son soja, girasol, trigo, maíz, sorgo granífero, arroz (solo en el Departamento San Javier), caña de azúcar y algodón (estos últimos solo en el departamento General Obligado). En menor escala siguen las forrajeras como avena, sorgo forrajero y alfalfa.

Los cultivos que se riegan en el departamento General Obligado son: maíz, trigo, soja, otras oleaginosas, frutales y algunas hortalizas. En el departamento San Javier los cultivos con mayor superficie regada son: arroz, soja, maíz, algunas hortalizas y frutales en menor escala. Sin embargo, el riego en esta región del noreste santafesino se encuentra poco desarrollado. El riego se usa con carácter suplementario cuando la distribución y cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo no es adecuada. La distribución de las lluvias concentra el 70% de su monto total anual entre los meses de octubre a abril, y el 30 % restante

de mayo a septiembre. Sin embargo, por lo general, la aplicación de la lámina de irrigación se efectúa sin considerar en forma integrada la demanda de cultivos, la capacidad de almacenaje de agua de los suelos, la eficiencia del riego y el impacto a producir en el sistema (Vidal, 2006).

El recurso hídrico subterráneo utilizado en el área proviene de un acuífero libre y otro semiconfinado, alojados en la formación “Pampeano” y en las “arenas Puelches”, respectivamente. Este último es el principal cuerpo de agua subterráneo por su calidad y productividad, mientras que el libre es discontinuo, de poco espesor y bajo caudal (Díaz y otros, 2013). Hacia el oeste del área Piloto Reconquista la fuente subterránea presenta grandes limitaciones en cuanto a caudal y calidad.

Además, se suman a esta problemática: la escasa normativa para la regulación de los recursos hídricos, en particular para la fuente subterránea, el conocimiento limitado de este recurso y la falta de otros instrumentos de gestión. En general, las prácticas de manejo se dirigen principalmente a atender situaciones de riesgo tales como inundaciones, sequías, contaminación, fallas en estructuras hidráulicas, deficiencias en los servicios de agua potable y saneamiento, disputas por asignación de agua para riego o situaciones similares.

se realizó el balance hídrico seriado calculando la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite (1955), determinando los excesos y déficits para el lapso 1970-2015. Se consideraron los valores de 160 mm y 350 mm para el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (CC), respectivamente (IDICYT - UCSF, 2016). Se estimó el escurrimiento superficial con el Método de CN (SCS - USDA, 1972) y con ello la recarga en tránsito.

Los aspectos geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos y de suelos fueron definidos a partir de las investigaciones realizadas por Bojanich y Risiga (1975), Bojanich (1992), Castiglioni (2000), Díaz y otros (2013), Filí y Tujchneider (1977), Iriondo (1987), Iriondo (2007), Mosconi y otros (1981), Palazzo y Sosa (2002), Panigatti y otros (2007), Risiga y otros (1981), Seveso (1990) y Vidal (2006). Se construyeron gráficos de correlaciones hidrogeológicas Norte-Sur y Este-Oeste, curvas granulométricas para el pozo de estudio de la EEA INTA Reconquista, mapas de valores de conductividad eléctrica específica (CE), Relación Adsorción de Sodio (RAS) y Carbonato de Sodio Residual (CSR).

La disponibilidad hídrica superficial se caracterizó mediante antecedentes hidrológicos regionales y de la Estación de Medición Hidrológica N° 3300 (arroyo Malabrigo en la sección de control Ruta Nacional N° 11 - Latitud Sur 29° 16' 44" y Longitud Oeste 59° 47' 12"), obtenidos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SsRH, 2014). Con valores de caudales medios diarios y mensuales, máximos y mínimos instantáneos para el lapso 1985-2013 de la Estación de Medición Hidrológica N° 3300, se realizaron curvas de distribución de caudales y escurrimiento superficial medio anual, y se determinó el volumen y la lámina de escurrimiento superficial anual del sector de estudio, en hm³ y mm, respectivamente.

Para la evaluación del contexto socioeconómico, se estudió la población y la economía regional a través de los censos nacionales de población y de agricultura elaborados por el INDEC (INDEC, 2010; INDEC - CNA, 2002 y 2008), antecedentes socioeconómicos del Plan Estratégico Provincial (PEP, 2008), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGyP, 2010), datos y estadísticas referidos a la producción y economía del territorio provincial (CORENOSA, 2012; IPEC, 2013), indicadores productivos del INTA y antecedentes relacionados con el manejo de los recursos hídricos para áreas de secano (Basán Nickish, 2010).

El marco institucional y los actores clave involucrados en el uso y la gestión del recurso hídrico en el sector de estudio se identificaron mediante la metodología de Arco Iris del Sistema de Análisis Social (Chevalier & Buckles, 2009). Se obtuvo el mapeo de los actores intervinientes en la temática hídrica de los diferentes órdenes territoriales (provincial, regional, y municipal

o comunal/local), para el ámbito público, privado y las asociaciones civiles.

La política hídrica del territorio se definió en base a los lineamientos fijados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (COHIFE, 2003), planes nacionales en materia de recursos hídricos y riego (Fernández, 2014; SsRH, 2007a y b), planes regionales establecidos en el Plan Estratégico Provincial (PEP, 2008), y programas del INTA en la zona en colaboración con instituciones locales y provinciales tales como el MASPMA (Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente, actualmente Ministerio de Infraestructura y Transporte MIT) y el Ministerio de la Producción de la provincia de Santa Fe.

El marco legal se describió, a nivel nacional, a través de los artículos 41 y 124 de la Constitución Nacional y artículo 235 del Código Civil y Comercial, y normas extraídas de la página oficial de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable en materia de preservación y protección de los recursos naturales. En materia provincial se citan la propuesta de la Ley de Aguas de la provincia (actualmente en tratamiento en la Legislatura Provincial) y otras normas referidas al recurso hídrico superficial y subterráneo existente.

En función de lo expuesto anteriormente, se estimó a nivel global la cantidad y calidad del agua subterránea en el área. Además, se establecieron las fuentes alternativas para riego, las prácticas de irrigación actuales, la identificación y caracterización de los actores comprometidos en la problemática, y las instituciones y organismos afines a la materia hídrica.

Finalmente, con estos elementos, se elaboraron las estrategias organizándolas en función de los instrumentos de gestión existentes, ya sean técnicos, normativos, institucionales y de planificación, económico – financieros y de participación de los actores involucrados.

3. RESULTADOS

Disponibilidad de agua en el área piloto

El régimen pluvial para el período 1970-2015 presenta una distribución anual media con valores máximos entre octubre y abril (primavera - verano), que varían entre los 125 y 165 mm mensuales. El resto del año, los valores se encuentran por debajo de la media (107 mm), con mínimos en Julio-Agosto (invierno), del orden de los 30 mm. En términos del balance hídrico, esto da lugar a excesos que ocurren mayormente en otoño y primavera y valores de recarga anual en el orden de los 15 a 46 mm/año.

En cuanto a los recursos hídricos superficiales, los más significativos por su carácter permanente y su caudal en una escala más regional, son los ríos Paraná y San Javier. El río Paraná tiene un caudal medio anual de 17.113 m³/s (Estación Corrientes, 1903-2003, al norte del área de estudio) y el San

Javier de 625 m³/s (Estación Helvecia, 1909-2003, al sur del área de estudio) (Sarafian, 2007). Los arroyos de mayor relevancia son El Rey, Los Amores y Malabrigo. Hacia el Oeste (Departamento Vera), la red de avenamiento es compleja, conformando en algunas zonas áreas anegables y de lento drenaje. Concretamente, en el área piloto la disponibilidad hídrica superficial la determina el régimen de caudales del arroyo Malabrigo, cuyo caudal medio anual (período 1985-2013) es de 12 m³/s, y el volumen de escurrimiento de 381 hm³ (SsRH, 2014). Sin embargo, pese a este importante volumen, la permanencia de caudales y la variación mensual de los mismos muestran que esta disponibilidad es irregular, y puede caracterizarse como moderada a escasa.

La hidrodinámica e hidroquímica de los acuíferos del sector presenta características diferentes. En el sector oriental del área, los acuíferos se encuentran semiconfinados a confinados en profundidad, y arrojan caudales específicos del orden de 4.000 a 7.000 l/h/m. Las concentraciones de residuo seco en el agua subterránea alcanzan los 350 mg/l. Hacia la margen del río Paraná, pueden presentarse contenidos elevados de hierro y manganeso, que limitan la explotación de los mismos. La calidad y capacidad transmisiva de estos acuíferos disminuye hacia el sur y el oeste. Cabe destacar que las características químicas del agua alojada en los acuíferos que se encuentran a mayor profundidad son poco favorables. Se observan tenores químicos muy variables, pudiéndose encontrar concentraciones de hasta 40.000 mg/l de sólidos disueltos totales. A su vez, la presencia de arsénico en ciertos sectores, por encima del límite admisible, restringe la explotación del recurso. En algunos sectores, la presencia de arenas finas conectadas a acumulaciones superficiales o a paleocauces suelen ser buenas oportunidades para encontrar acuíferos aptos (Bojanich y Risiga, 1975), (Bojanich, 1992).

En relación a las formaciones estratigráficas del sector, se pudo observar en las correlaciones efectuadas las unidades litoestratigráficas "subsecciones inferior" y "superior" de la "Sección Epiparaniana" (Filí y Tujchneider, 1977); donde la litología en la fracción inferior está compuesta por arenas amarillas, cuarzosas, de grano fino a mediano, con aumento de tamaño hacia la base, donde suelen presentarse niveles finos de grava (arenas "Puelches"). La subsección suprayacente se caracteriza por su conformación limo arcillosa, a veces loésica, calcárea con algunas intercalaciones de areniscas muy finas (Formación Pampa).

Del análisis granulométrico del pozo de estudio ubicado en la EEA INTA Reconquista (Mieres, 2011), se observó mayor proporción de arenas en el perfil a partir de la muestra N° 17 (16,5 m de profundidad), observándose uniformidad de este material en todo el perfil, a excepción del estrato de la muestra mencionada.

En cuanto a la calidad del agua subterránea para riego, se observó en el área un rango de conductividad eléctrica específica (CE) comprendido entre los 390 y 850 mmho/cm, con un valor medio de 540 mmho/cm. El valor máximo se registró al este del Distrito Avellaneda. La Relación Adsorción Sodio (RAS) presenta un rango que varía entre los 0,40 y 3,20 meq/l, presentando un valor máximo al noroeste de Avellaneda. En cuanto al Carbonato de Sodio Residual (CSR), en el área analizada el valor promedio oscila en el orden de 0,30 meq/l, presentando el CSR un rango variable entre -1,20 y 1,70 meq/l, con este último censado al norte de la localidad mencionada ut-supra. Los valores mínimos de CE, RAS y CSR se mapearon al sur del área de las perforaciones analizadas. Se denotó que casi la totalidad de las muestras del sector presentan moderado a bajo peligro de salinización y sodificación de suelos, considerándose aptas para cultivos moderadamente tolerantes al tipo de aguas presentes en el sector, a excepción de las muestras obtenidas en las perforaciones al este de Avellaneda y Reconquista.

De estudios recientes para la implantación de un tramo del Acueducto Reconquista, se obtuvieron valores de parámetros hidráulicos mediante pruebas en las formaciones presentes en el área. La transmisividad obtenida fue de 300 y 600 m³/día/m, la conductividad hidráulica de 5,5 y 12,5 m/día, y el coeficiente de almacenamiento del orden de 10⁻³ a 10⁻⁵, respectivamente (Díaz y otros, 2013).

Caracterización de la demanda

Los usos más frecuentes son para abastecimiento de agua potable, consumo industrial, riego y brebaje animal, respectivamente. En función de los intereses de los usuarios, los conflictos más habituales se ven reflejados en el manejo compartido del recurso a nivel comunitario y/o zonal/regional.

La población se concentra mayormente en el conglomerado urbano de Reconquista - Avellaneda (Departamento General Obligado) con 100.000 habitantes aproximadamente. Se observa que el resto de la población de los departamentos General Obligado, Vera y San Javier se encuentra agrupada o dispersa en los sectores rurales. En el área de análisis en particular, los sectores rurales que se encuentran agrupados y/o dispersos exceden los 5.500 habitantes, con una densidad poblacional de aproximadamente 2 hab/km². Las principales fuentes de empleo local son los ingenios azucareros establecidos en el norte del departamento General Obligado y parques industriales de los distritos Reconquista y Avellaneda.

El porcentaje de uso agrícola en el área de estudio en función de la aptitud de las tierras es pequeño. La cantidad de explotaciones agropecuarias oscila en alrededor de 381 unidades, ocupando una superficie total de 135.011 ha, aproximadamente. La superficie

que se destina a agricultura es de 22.657 ha, y a ganadería de 110.034 ha (IPEC, 2015). La cantidad de cabezas de ganado del sector ronda las 79.153 unidades. Las industrias se censaron a nivel regional, ya que las localidades del sector son principalmente poblados rurales. El sector industrial más cercano al área de estudio en orden de importancia se encuentra en los distritos de Reconquista y Avellaneda, contando con más de 300 explotaciones industriales, incluyendo los ingenios azucareros del norte del departamento General Obligado (INDEC - IPEC, 2005).

Con respecto a los cultivos que se riegan en el sector de análisis, se emplean metodologías de riego diferentes. Para los cereales para granos con mayor producción, se utilizan principalmente el riego gravitacional, la metodología por aspersión, y las técnicas de riego por aspersión y localizado (micro aspersión). Tal es el caso del arroz, el trigo y el maíz, respectivamente. En las oleaginosas con mayor producción como la soja, se emplea el método de riego por aspersión, y para el girasol, se emplea riego por gravedad. Las hortalizas utilizan riego gravitacional y por aspersión, al igual que los frutales y otros cultivos. Los cultivos industriales como la caña de azúcar y el algodón utilizan riego por gravedad, por aspersión y localizado. La caña de azúcar se riega por surcos, y para el algodón se emplea mayormente la metodología de riego localizado. El total de área agrícola bajo riego supera las 50 ha. Los incrementos obtenidos en el rendimiento por el riego en algunos cultivos en secano como la soja y el algodón fueron superiores al 90 %, y, en el caso del maíz y la caña de azúcar, los rendimientos superaron el 110 % (CORENOSA, 2012).

Se señala que esta caracterización es solamente cualitativa. No se disponen valores de volumen o porcentaje de agua utilizados en estas actividades productivas.

A pesar de las limitaciones de cantidad y calidad del agua subterránea, la explotación de los acuíferos resulta necesaria para el desarrollo de las actividades productivas, principalmente la agrícola, ya que los volúmenes de agua superficial disponible resultan moderados a escasos con distribución irregular, y la cantidad y distribución espacio-temporal de las lluvias no es suficiente durante el ciclo de los principales cultivos. El total de pozos contabilizados en el sector de análisis en el Censo Nacional Agropecuario 2002 (INDEC – CNA, 2002) fueron 52 en el departamento General Obligado y 23 en San Javier, funcionando la mayoría de éstos mediante energía eléctrica.

Cabe mencionar que en la región se vienen implementando metodologías de aprovechamiento integral del agua para los distintos usos, con la finalidad de reducir la problemática de insuficiencia de agua en épocas de precipitaciones escasas o cuando se producen fallas de infraestructura en la fuente de abastecimiento primario. Se realiza el aprovechamiento mediante reservorios naturales

y/o artificiales donde se receipta y almacena el agua proveniente de las fuentes meteórica, superficial y/o subterránea, que luego es conducida a través de cañerías hasta las redes de agua potable, los bebederos de animales y los sistemas de riego.

Marco legal e institucional. Mapa de actores

El marco regulatorio para los recursos hídricos de la provincia se encuentra plasmado en varias leyes. Entre ellas: la Ley N° 9.830 (1987) que crea los Comités de cuenca provinciales; la Ley N° 13.132 (2010) donde la provincia de Santa Fe adhiere a los Principios Rectores de Política Hídrica; la Ley N° 12.081 (2007) que establece el **régimen de resolución de situaciones conflictivas originadas por los efectos de obras menores, obras hidráulicas no autorizadas u otras obras, en los casos que alteren o modifiquen el escurrimiento natural de las aguas y causen un daño real o previsible** y la Ley N° 11.730 de ubicación de bienes en zonas inundables. Merece mencionar también la Resolución N° 395/07 del MAH (Ministerio de Asuntos Hídricos, actualmente Ministerio de Infraestructura y Transporte MIT) que crea el registro provincial de consultores especialistas para la realización de estudios geológicos e hidrogeológicos para el aprovechamiento de agua subterránea y el proyecto de la Ley de Aguas de la provincia de Santa Fe que a la fecha de presentación de este artículo se encuentra en tratamiento en la Legislatura Provincial. En el ámbito provincial, el MASPyMA (actualmente Ministerio de Infraestructura y Transporte MIT) interviene en las funciones relacionadas con la gestión de los recursos hídricos.

En lo referente a materia agrícola, el Ministerio de la Producción actúa mediante diferentes planes y programas, algunos de ellos vinculados con organismos nacionales, como el PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales). La Ley N° 6.354 (1967) y sus modificatorias Ley N° 8.072 (1977) y Ley N° 8.982 (1982) establecen el registro de áreas sembradas y de la producción y existencia ganadera, y la Resolución N° 401/08 crea el Programa de Agroindustria Familiar. Además está vigente el Decreto 485/97 que crea el Registro de Regantes en la órbita de este Ministerio de la Producción.

A nivel nacional, la Subsecretaría de Recursos Hídricos, el Consejo Hídrico Federal (COHIFE) y otros organismos procuran fomentar espacios de participación entre los distintos actores en concordancia con los lineamientos establecidos en los Principios Rectores de Política Hídrica. Las instituciones del orden nacional como el INTA, el MAGyP, la SsAF (Subsecretaría de Agricultura Familiar) dependiente de la Secretaría de Agricultura de la Nación y el INA - CRL (Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Litoral) participan también en el contexto agropecuario de la región, a través de sus distintos programas.

En la zona concurre una variada gama de instituciones y organizaciones de la sociedad civil (del ámbito público y privado) involucradas en el manejo del recurso hídrico subterráneo. La mayoría de estos actores pertenecen al ámbito local, con una significativa participación e incidencia del sector privado y las organizaciones civiles, tales como el CORENOSA (Consejo Regional del Norte Santafesino) y el Consejo de Planificación Estratégica de la Región 1, que reúnen a su vez diferentes organizaciones de la sociedad civil, públicas y privadas, algunas de ellas con un peso importante sobre el uso y/o la gestión del recurso en la región, como las organizaciones no gubernamentales FUNDAPAZ (Fundación para el Desarrollo en Justicia y Paz), INCUPO (Instituto de Cultura Popular), ACIA (Asociación Civil Impulsar Avellaneda, UOCB (Unión de Organizaciones de Pequeños Productores de la Cuña Boscosa Santafesina y Bajos Submeridionales), ACMAYDRS (Asociación Civil Mesa Azucarera y de Desarrollo Regional Santafesina), productores rurales, municipios y comunas, entre otras.

Otras instituciones/organizaciones intervienen en mayor o menor escala en la gestión del recurso y la solución de posibles conflictos entre usuarios. Entre ellas: Instituto Provincial de Aborígenes Santafesinos de la Región 1, Grupo Quebrachito, Fundación Servicio Jurídico Solidario, Cáritas Diócesis Reconquista, Confederación General del Trabajo de Reconquista, Colegio de Ingenieros y de Arquitectos de Reconquista, Sociedades Rurales de Reconquista y Avellaneda, Unión Agrícola de Avellaneda CL, Consejo Federal de Inversiones, Federación Industrial de Santa Fe, industrias de la región, Bolsa de Comercio de Santa Fe, Grupo Norte, Unión Argentina de Trabajadores Rurales y Estibadores, Centros Industriales y Comerciales de Reconquista y Avellaneda, Asociación Santafesina de Productores de Arroz, Comités de Cuencas, Universidad Católica de Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral (UNL), Universidad Tecnológica Nacional sede Reconquista, Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento, Ente Regulador de Servicios Sanitarios y Aguas Santafesinas SA.

Pueden mencionarse algunos antecedentes que dan cuenta de acciones colaborativas entre instituciones nacionales y provinciales: Proyecto de Manejo de Agua en el Norte de Santa Fe (INTA + INA - CRL + MASPMA + UNL), Proyecto de Desarrollo Territorial de los Bajos Submeridionales y de la Cuña Boscosa del Norte de Santa Fe (proyecto regional/interprovincial), Programa Agroindustria Familiar (INTA + Ministerio de la Producción de Santa Fe), y Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural (INTA + MAGyP de la Nación), incluyendo este programa diversas estrategias de intervención que se integran con el orden regional y local, tales como: Pro-Huerta, Cambio Rural, Profam, Minifundio, Programa de Agricultura Familiar y Proyectos de Apoyo al Desarrollo Local e Integrados.

En el sector también participan organismos del orden internacional, que actúan como financiadores de proyectos y programas para la gestión de los recursos hídricos, tales como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y el WB (Banco Mundial).

La Figura 3 visualiza el mapa de actores representados según el método del arco iris, considerando su diferenciación en públicas o privadas y el ámbito de sus competencias (local, provincial, nacional). Se han resaltado con etiqueta sombreada en gris aquellas instituciones/organizaciones que, a partir de la investigación realizada, se consideran de mayor relevancia en la gestión de los recursos hídricos, ya sea por sus roles institucionales, capacidad, influencia, poder o legitimidad (Musacchio, 2016).

4. CONCLUSIONES Y DEFINICIÓN DE ACCIONES ESTRATÉGICAS

En el área piloto Reconquista, la variabilidad temporal del caudal de los cursos de agua superficial más importantes (arroyos El Rey, Los Amores y Malabrigo) muestran que la disponibilidad de agua es irregular, y puede caracterizarse como moderada a escasa. Respecto de la hidrogeología del sector, se cuenta con información y estudios sobre las características hidrodinámicas e hidroquímicas a escala regional. Esto aporta una base para encarar estudios que permitan conocer con un mejor grado de detalle los volúmenes de reserva útil del acuífero para explotar y diseñar una red de monitoreo.

En general la provincia de Santa Fe cuenta con legislación en materia hídrica y ambiental. No obstante ello, el uso y protección del agua subterránea no cuenta con una reglamentación adecuada. Asimismo, los controles de los cambios en calidad y/o cantidad son escasos a nulos, dando lugar a posibles usos desmedidos, sobre-explotación y contaminación de pozos; situación que eventualmente produciría perjuicios al propio acuífero, a los productores, dando lugar a posibles conflictos. Debido a lo anterior, es indispensable que la provincia cuente con una Ley de Aguas. Además, en la actualidad, no se dispone de datos fehacientes en materia de regantes, pues el registro de la actividad establecido por el Decreto N° 485/97 (Registro de Regantes) se encuentra inactivo. Resulta importante por lo tanto la actualización del censo de las perforaciones en el área, caudales y calidad del agua extraída, demanda en los sectores involucrados, etc.

Lo señalado en el párrafo anterior acerca de dar cumplimiento al Registro de Regantes permitiría también realizar estimaciones ajustadas de los volúmenes apropiados a asignar para el riego de los cultivos del sector. Complementariamente a ello, surge la necesidad de mejorar los conocimientos sobre la disponibilidad de agua de diferentes fuentes alternativas, cuando la distribución y cantidad de

precipitaciones no es suficiente para el desarrollo de los cultivos. Debe incluirse también la definición de pautas para la optimización de la infraestructura para riego.

El proceso de consolidación de la gestión integrada y sostenible del agua en el área piloto requerirá la compatibilización de los intereses de los actores involucrados en el uso del recurso hídrico

subterráneo. La construcción del consenso se facilitará a través de la creación de una organización de usuarios y mediante la cooperación y coordinación interinstitucional. El desarrollo de capacidades y el fortalecimiento institucional promoverán el funcionamiento óptimo de los sistemas de riego empleados y la utilización eficiente y ahorro del recurso hídrico subterráneo.

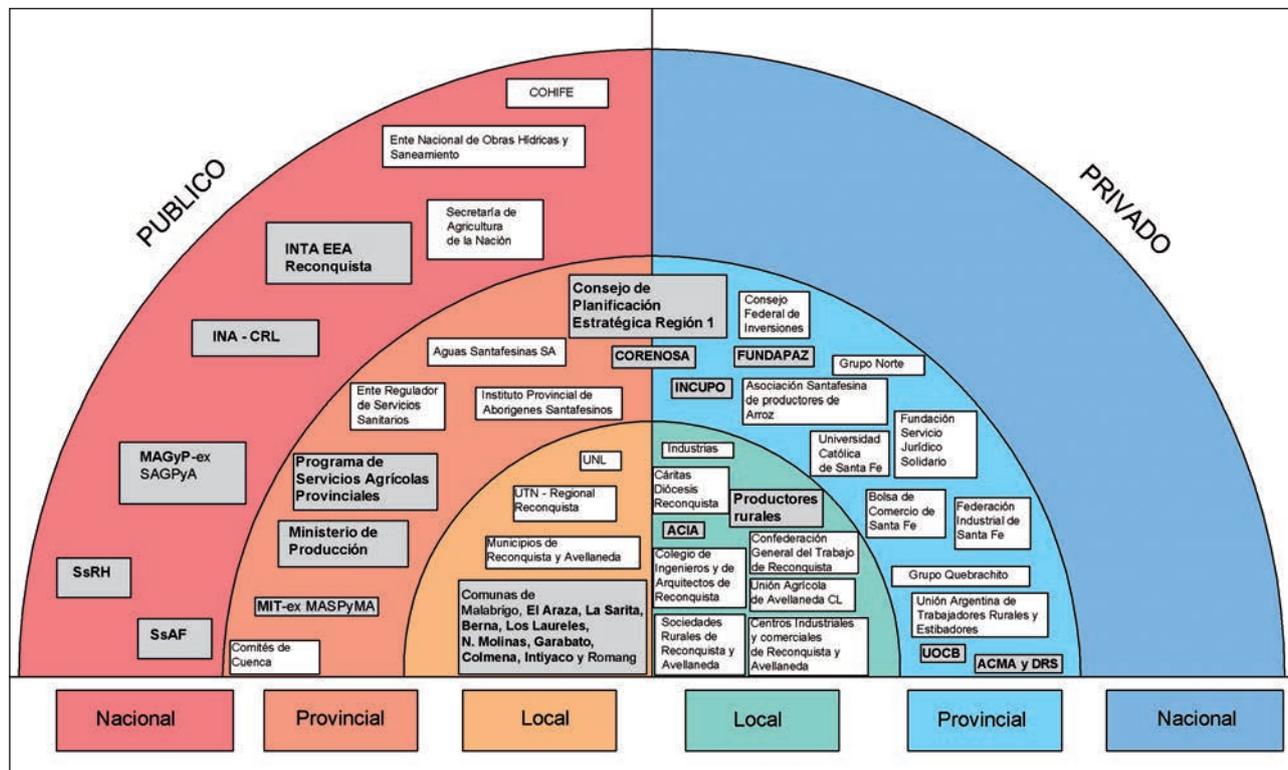


Figura 3. Mapa de actores vinculados a la gestión del agua en el área piloto

A partir del diagnóstico físico y socioeconómico del área logrado en esta investigación y del análisis de las estructuras gubernamentales que componen la gobernanza del agua en la zona (según los aspectos técnicos, normativos, institucionales y de planificación, económico-financieros y de participación de los actores involucrados), se organizaron las *estrategias* que contribuyen a la gestión integrada y sostenible del agua subterránea en el área piloto. La propuesta se ha sistematizado señalando en cada caso: los objetivos, las líneas de acción que se proponen, los responsables inmediatos y secundarios, las actividades necesarias y los resultados esperados. Las líneas de acción planteadas indican un esquema de base

para la gestión del recurso hídrico subterráneo para riego agrícola en el sector. Las mismas se organizaron considerando las funciones pertinentes a los organismos existentes vinculados con la gestión del recurso hídrico, incluyendo en el proceso la participación de todas las partes interesadas en el uso y el manejo de la fuente subterránea. En el caso de los actores responsables se ha indicado con **negrita** a aquellos que se sugiere deberían tener la función de coordinar las líneas de acción. Las Tablas 1 y 2 muestran algunas de las estrategias de nivel técnico, las Tablas 3 y 4 para el nivel normativo, la Tabla 5 para el nivel institucional y la Tabla 6 para el nivel de participación de los actores involucrados.

Tabla 1. Estrategias de nivel técnico: Actualizar el registro de pozos

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Realizar el control y el seguimiento sistemático del estado del recurso en cantidad y calidad	Recopilar bibliografía e información antecedente	MIT INA – CRL Ministerio de la Producción	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista) Grupos de trabajo independientes	Firmar acuerdos para intercambiar información Fortalecer institucionalmente el MIT en el área de Hidrogeología Estudiar y ordenar la información actual de las perforaciones del área Implementar una base de datos sistematizada, planillas y/o formularios Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	Obtener información general y específica de las perforaciones existentes Identificar y detallar los pozos utilizados para riego de cultivos
	Relevar los pozos existentes	MIT INA – CRL Ministerio de la Producción	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista) Grupos de trabajo independientes	Firmar acuerdos para intercambiar información Fortalecer institucionalmente el MIT en el área de Hidrogeología Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	Actualizar el registro de los pozos del área
	Construir nuevos pozos y controlar los procesos constructivos	MIT INA – CRL Ministerio de la Producción	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista) Grupos de trabajo independientes	Fortalecer institucionalmente el MIT en el área de Hidrogeología Coordinar y cooperar recursos humanos y logística Implementar la Resolución 395/07	Añadir información cuali - cuantitativa del recurso Extraer el recurso hídrico subterráneo para riego agrícola
	Proteger las captaciones	MIT INA – CRL Ministerio de la Producción	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista) Grupos de trabajo independientes	Fortalecer institucionalmente el MIT en el área de Hidrogeología Coordinar y cooperar recursos humanos y logística Implementar la Resolución 395/07	Proteger las captaciones del área
	Sistematizar la información	MIT INA – CRL IDESF	INTA Reconquista Ministerio de la Producción	Firmar acuerdos para intercambiar información Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	Almacenar y ordenar la información Inventariar los recursos hídricos subterráneos
	Elaborar Base de Datos geoespaciales (de plataforma pública)	MIT INA – CRL IDESF	INTA Reconquista Ministerio de la Producción	Firmar acuerdos para intercambiar información Coordinar y cooperar recursos humanos y logística Realizar el seguimiento del PEP	Conformar Base de Datos y facilitar el acceso a la misma

Tabla 2. Estrategias de nivel técnico: Implementar redes de monitoreo

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Medir parámetros físico-químicos del agua subterránea en forma periódica	Seleccionar los pozos de estudio y de extracción	MIT INA – CRL Ministerio de la Producción	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista) Grupos de trabajo independientes Comunas y Municipios	Firmar acuerdos para desarrollar actividades en conjunto y para intercambiar información	Generar información de base para elaborar mapas de la dinámica y del sentido del escurrimiento, de calidad del agua, de vulnerabilidad a la contaminación, etc.
	Implementar la red de monitoreo	MIT INA – CRL	INTA Reconquista FICH – UNL UTN (Sede Reconquista)	Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	
	Almacenar y sistematizar datos	MIT INA – CRL IDESF	Ministerio de la Producción INTA Reconquista		

Tabla 3. Estrategias de nivel normativo: En el marco de la propuesta de la Ley de Aguas

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Promover la actualización e implementar la normativa existente en relación a los recursos hídricos	Fomentar la pronta resolución del estado parlamentario y la sanción definitiva de esta ley, y por consiguiente, proceder en el marco de la misma a la reorganización de las normas vigentes en materia hídrica	Órgano Legislativo Ministerio ad hoc como autoridad de control competente		Controlar el cumplimiento de la normativa en el marco de la Ley de Aguas	Cumplimentar la normativa existente Implementar la Ley de Aguas Actualizar la normativa a la Ley de Aguas

Tabla 4. Estrategias de nivel normativo: En relación al Decreto Provincial N° 485/97

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Cumplimentar el Decreto 485/97 (Registro de Regantes)	Actualizar el registro de regantes	Ministerio de la Producción	Ministerio ad hoc como autoridad de control competente	Continuar el Registro de Regantes	Actualizar de manera permanente el registro de regantes del área Crear una Organización de Usuarios

Tabla 5. Estrategias de nivel institucional:

Coordinar instituciones para la gestión integrada y sostenible del recurso subterráneo

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Administrar y planificar el recurso en el contexto de la GIRH	Articular las áreas relacionadas con la gestión del recurso hídrico subterráneo Capacitar sobre aspectos de explotación y usos eficientes del agua subterránea	MIT INTA Reconquista INA – CRL Ministerio de la Producción Comunas y municipios	SsRH SsAF FICH – UNL UTN Reconquista Grupos de trabajo independientes Asociaciones civiles	Firmar acuerdos para desarrollar actividades en conjunto y para intercambiar información Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	Generar la articulación y la cooperación entre las instituciones del Área piloto para la gestión integrada del recurso hídrico subterráneo

Tabla 6. Estrategia a nivel de participación de los actores involucrados

Objetivo	Línea de acción	Responsables inmediatos	Responsables secundarios	Actividades	Resultados esperados
Gestionar la compatibilización de los intereses de cada una de las partes	Promover la gestión participativa de todos los usuarios Fomentar talleres de información de los programas y proyectos relacionados con el manejo del recurso Impulsar reuniones conciliatorias y de mediación para la resolución de conflictos Promover la educación ambiental	MIT INTA Reconquista Ministerio de la Producción Comunas y Municipios Productores rurales Asociaciones civiles	Ministerio de Medio Ambiente INA- CRL FICH – UNL UTN Reconquista SsRH SsAF	Coordinar y cooperar recursos humanos y logística	Cooperar y consensuar entre cada una de las partes interesadas en el uso del recurso hídrico subterráneo

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen las contribuciones de los colegas Mario Basán Nickish, Rosana Hämmerly y Graciela Viviana Zucarelli y, la colaboración brindada por el INTA sede Reconquista al desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASAN NICKISH, M. (2010). Manejo de los Recursos Hídricos en Áreas de Secano - 2da. Edición. Ediciones INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-recursos-hidricos-para-areas-de-secano/at_multi_download/file/Manejo_delos_recursos_h%C3%ADricos_enareas_de_secano_2da_ed.pdf (Visitado Octubre de 2012).

BOJANICH, E. Y RISIGA, A. (1975). Contribución al conocimiento de la geohidrología de la provincia de Santa Fe. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires. Argentina.

BOJANICH, E. (1992). Recursos Hídricos Subterráneos de la Provincia de Santa Fe. Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas. Facultad de Edafología. Universidad Católica de Santa Fe.

CASTIGLIONI, M. (2000). Caudal y calidad de los acuíferos explotados para riego en la provincia de Santa Fe. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio. Gobierno de Santa Fe.

CHEVALIER, J. & BUCKLES, D. (2009). Sistemas de Análisis Social – Guía para la investigación colaborativa y la movilización social – Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC). Ottawa, Canadá – 1ª edición.

COHIFE. Consejo Hídrico Federal. (2003). Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina - Acuerdo Federal del Agua.

CORENOSA. Consejo Regional Económico del Norte Santafesino. (2012). Publicación N° 2. Pp.: 17-18. Marzo de 2012. Santa Fe. Argentina.

DÍAZ, E., DALLA COSTA, O. Y C. NARDIN. (2013). “Estudio y simulación hidrogeológica para la implantación de un acueducto Reconquista”. En: *Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*. Pp: 357-364. ISBN 978-987-1985-03-6. edulp.

FERNANDEZ, DIEGO. (2014). Plan Nacional de Riego en Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. En: VII Taller: Estudio de Potencial de Ampliación de Irrigación en Argentina. Buenos Aires, 28 al 30 de Abril de 2014. Disponible en: <http://www.slideshare.net/FAOoftheUN/plan-nacional-de-riego-en-argentina> (Visitado Junio de 2015).

FILÍ, M. Y TUJCHNEIDER, O. (1977). Características geohidrológicas regionales del subsuelo de la provincia de Santa Fe. *Revista Ciencias Naturales del Litoral*. N° 8. Pp. 105-113.

IDICYT - UCSF. Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Católica de Santa Fe. (2016). Proyecto “Sistema de Estimaciones Agrícolas para el Centro Norte de la provincia de Santa Fe”. Bolsa de Comercio de Santa Fe – UCSF - Ministerio de la Producción del Gobierno de Santa Fe. Disponible en: <https://santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/228916/1198736/file/Informe%20Final%202015-2016%20%20Soja.pdf> (Visitado Agosto de 2016).

INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo Nacional de Población 2010. Población por provincia, departamento, partido o comuna. Disponible en: <http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos.asp> (Visitado Octubre de 2014).

INDEC – CNA. (2002). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional Agropecuario 2002. Disponible en: http://www.indec.mecon.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp (Visitado Octubre de 2014).

INDEC – CNA. (2008). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional Agropecuario 2008. Disponible en: <http://www.indec.mecon.gov.ar/>

- nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87 (Visitado Octubre de 2014).
- INDEC - IPEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos - Instituto Provincial de Estadística y Censos. (2005). Censo Nacional Económico 2004 - 2005. Departamentos General Obligado y Vera. Provincia de Santa Fe. Disponible en: [http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/116199/\(subtema\)/93664](http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/116199/(subtema)/93664) (Visitado Octubre de 2014).
- INTA Reconquista EEA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Unidad Reconquista. Sitio web Estación Experimental Agropecuaria. Disponible en: <http://inta.gob.ar/unidades/613000> (Visitado Mayo de 2014).
- IPEC. Instituto Provincial de Estadística y Censos. (2013). Santa Fe en cifras. Provincia de Santa Fe. Disponible en: <http://www.santafe.gov.ar/archivos/estadisticas/SantaFeenCifras2014.pdf> (Visitado Agosto de 2014).
- IPEC. Instituto Provincial de Estadística y Censos. (2015). Encuesta ganadera. Departamentos General Obligado y Vera. Provincia de Santa Fe. Disponible en: [http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/114258/\(subtema\)/93664](http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/114258/(subtema)/93664) (Visitado Junio de 2016).
- IPEC. Instituto Provincial de Estadística y Censos. (2015). Registro de áreas sembradas en el mes de Septiembre. Departamentos General Obligado y Vera. Provincia de Santa Fe. Disponible en: [https://santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/112213/\(subtema\)/93664](https://santafe.gob.ar/index.php/web/content/view/full/112213/(subtema)/93664) (Visitado Junio de 2016).
- IRIONDO, M. (1987). Geomorfología y Cuaternario de la Provincia de Santa Fe (Argentina). Revista D'ORBIGNYANA N° 4. Publicación PRINGEPA - CONICET. ISSN 0326-6788. Corrientes, Argentina.
- IRIONDO, M. (2007). El Chaco Santafesino. Neógeno y geomorfología. Comunicación Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino". Vol 13. N° 1. ISSN 0325-3856. Santa Fe, Argentina.
- MAGyP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (2010). PEA2. Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020. Disponible en: www.maa.gba.gov.ar/2010/pea2/Documentos/Presentacion.ppt (Visitado Septiembre de 2014).
- MIERES, L. (2011). Informe de granulometría de perfil de suelo y subsuelo para el pozo de investigación de la EEA INTA Reconquista ubicado a 29°15'47,9" Latitud S y 59°42'46,0" Longitud O. INTA EEA Reconquista. Provincia de Santa Fe.
- MOSCONI, F., PRIANO, L., HEIN, N., MOSCATELLI, G., SALAZAR, J.C., GUTIERREZ, T. Y L. CACERES. (1981). Mapa de suelos de la Provincia de Santa Fe. Tomo I. INTA-MAG.
- MUSACCHIO, V. (2016). Plan de Gestión Integrada del Recurso Hídrico Subterráneo para Riego Agrícola en el Área Piloto Reconquista. Tesis de Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. 282 pp. Inédita.
- PALAZZO, R. Y SOSA, D. (2002). Compendio de Recopilación de Información Hidrogeológica de la Provincia de Santa Fe. Gobierno de Santa Fe. Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Litoral. Convenio DPOH – INA - SPAR. 2 Tomos. 441 pp.
- PANIGATTI, J., CRUZATE, G. Y H. VIVAS. (2007). Suelos y Ambientes de Santa Fe. INTA, AASC, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.
- PEP. Plan Estratégico Provincial. (2008). Provincia de Santa Fe. Disponible en: http://www.santafe.gov.ar/index.php/plan_estrategico_provincial (Visitado Octubre de 2013).
- RISIGA, A, FILÍ, M., TUJCHNEIDER, O. Y R. MIR. (1981). Bajos Submeridionales. Contribución al Conocimiento Geohidrológico de la Región. Publicación N° 14. Departamento de Hidrología General y Aplicada – UNL. Santa Fe, Argentina.
- SARAFIAN, P. (2007). Cuenca propia del Paraná Medio. Cuenca N° 17. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Descripción de cuencas hídricas superficiales. Disponible en: http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias_i8/17_nueva.pdf (visitado Septiembre de 2011).
- SCS - USDA. Soil Conservation Service (1972). National Engineering Handbook. Section 4, Hydrology. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- SEVESO, M. (1990). Regiones edáficas de la provincia de Santa Fe. Dirección General de Suelos y Aguas. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio.
- SsRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2007a). Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos. Disponible en: http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=rec_h (Visitado Septiembre de 2014).
- SsRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2007b). Plan Nacional Federal de Aguas Subterráneas - *en elaboración*. Disponible en: http://www.hidricosargentina.gov.ar/politica_hidrica.php?seccion=aguas_sub (Visitado Septiembre de 2014).
- SsRH. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2014). Estadísticas hidrológicas. Edición 2014. Disponible en: <http://www.hidricosargentina.gov.ar> (Visitado Agosto de 2016).
- THORNTHWAITE, C.W. (1955). The water balance. Climatology, Vol. 8. Pp: 1-104.
- VIDAL, C. (2006). Evaluación de la aptitud de tierras para riego por aspersión en el noreste santafesino. Tesis de Especialización en Riego de Tierras Agrícolas. FICH – FCA - UNL. Santa Fe, Argentina. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/documentos/agricultura/tesis_evaluacion_riego_aspersion.htm (Visitado Junio de 2010).