



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AMPLIACIÓN DEL RIEGO EN ARGENTINA

UTF/ARG/017/ARG Desarrollo Institucional para la Inversión



Presidencia
de la Nación

Ministerio de
Agricultura,
Ganadería y Pesca

 **UCAR**
UNIDAD PARA EL CAMBIO RURAL



PROSAP
SERVIR AL AGRO

UTF/ARG/017/ARG
Desarrollo Institucional para la Inversión

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AMPLIACIÓN DEL RIEGO EN ARGENTINA

Documento Principal



Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-308995-6

© FAO, 2015

Fotografía de portada: ©MAGyP

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

ÍNDICE

- Listado de Ilustraciones	IV	IV RIEGO COMPLEMENTARIO	49
- Alcance y contenidos del estudio	VI	A. Disponibilidad Hídrica	50
- Prefacio	VII	B. Productiva /Agronómica	61
- Agradecimientos	VIII	C. Medio Ambiente	70
- Abreviaturas	IX	D. Infraestructura Existente	71
- Resumen	XI	E. Aspectos Sociales	71
		F. Tipología de Infraestructura Necesaria	71
		G. Evaluación Económica y Análisis de Sensibilidad	76
		H. Resultados	79
		I. Estudio de Caso: Riego Complementario. San José, Río Negro.	81
I INTRODUCCIÓN	1		
- Antecedentes	1	V REUSO AGUAS RESIDUALES	87
- Contexto y oportunidad para iniciativas de inversión	2		
- Situación actual del riego en Argentina	2	VI ASPECTOS TRANSVERSALES	89
- Objetivos del estudio	4	A. Institucional Legal	89
- Marco metodológico y operacional del estudio	5	B. Aspectos Sociales	101
- Escenario cambio climático	7	C. Aspectos Medio Ambientales	101
- Salinidad y áreas degradadas	9	D. Herramienta Multicriterio	101
		VII RESULTADOS	105
		A. Superficie Potencial a Ampliar	105
		B. Inversiones Viables	107
II ÁREAS DE RIEGO EXISTENTE	13	VIII PROPUESTAS	109
A. Relevamiento de Áreas Existentes	13	I. Institucional Legal	109
B. Análisis de Inversión en Infraestructuras	15	II. Económicas Financieras	110
C. Beneficios asociados a las inversiones	21	III. Técnicas productivas	111
D. Evaluación económica	24	IX CONCLUSIONES	113
E. Estudio de Caso: Áreas existentes. Sistema Canal Montecaseros, Mendoza.	29	- Tabla resumen de datos generales	115
		- Conceptos generales	117
		- Bibliografía	119
III NUEVAS ÁREAS DE AGRICULTURA IRRIGADA	33		
A. Relevamiento y caracterización de cuencas	33		
B. Análisis de disponibilidad y de demandas	35		
C. Balances Hídricos, Ponderaciones y Priorizaciones	36		
D. Análisis y evaluación de disponibilidad hídrica por cuenca	37		
E. Inventario de las potenciales nuevas superficies de riego por cuenca	39		
F. Propuesta Metodológica para priorización de nuevas áreas	40		
G. Resumen de los resultados	44		
H. Estudio de Caso: Nuevas Áreas. Proyecto Patagonia, Neuquén.	45		

Listado de Ilustraciones

Cuadro Nº	Página Nº	Cuadro Nº	Página Nº		
1.	Variables determinantes relacionadas con producción bajo riego	2	45.	Tornado TIR promedio	28
2.	Superficie apta para regadío Vs. Superficie efectivamente regada	2	46.	Eficiencias con y sin proyecto en Montecaseros	29
3.	Evolución y proyección superficie bajo riego en A. Latina (1960-2050)	2	47.	Caudal mensual medio del río Tunuyán	29
4.	Evolución de la superficie cultivada en Argentina (1.000 ha)	3	48.	Clasificación de años hidrológicos según DGI	30
5.	Características Comparativas del Riego en la Región	3	49.	Volúmenes de agua (m ³ /ha/año) en las distintas etapas del proyecto	30
6.	Mapa de división agroclimática de Argentina	4	50.	Montos de inversión	30
7.	Esquema Marco metodológico	6	51.	Superficie irrigada	31
8.	Esquema herramienta multicriterio	6	52.	Tipologías de Consucciones	31
9.	Efectos de Cambio Climático	7	53.	Cuadro Resumen Áreas Existentes	32
10.	Aumento de necesidades de riego por zonas	7	54.	Cuencas hidrográficas de Argentina	34
11.	Déficit de agua para irrigación (%)	8	55.	Cuencas para desarrollo de riego integral de nuevas áreas (40)	35
12.	Pérdidas de Superficie por Cambio Climático en ha	8	56.	Análisis de situación de las cuencas	36
13.	Pérdidas productivas por Cambio Climático	8	57.	Nuevas Áreas por provincia	36
14.	Regiones regadas y afectadas en Argentina	12	58.	Porcentaje comprometido por río y porcentaje de riego	37
15.	Caracterización de Sistemas Existentes	13	59.	15 cuencas con recurso hídrico comprometido	38
16.	Superficies bajo riego por provincias (1.000 ha)	14	60.	Listado de las 27 cuencas con disponibilidad para nuevas áreas y superficies potenciales de cada una en hectáreas	38
17.	Distribución de cultivos	14	61.	Subcuencas con potencial de ampliación de Nuevas Áreas	39
18.	Distribución de regantes en Argentina	15	62.	Inventario de Nuevas Áreas por Cuenca	39
19.	Áreas existentes: Regantes por provincia	15	63.	Costos analizados en Nuevas Áreas por cuenca	41
20.	Proyectos de PROSAP analizados	16	64.	TIR analizados en Nuevas Áreas por cuenca	41
21.	Tipología de canales para realizar análisis	17	65.	Clima, grado de ponderación (15%)	42
22.	Parámetro de longitud intervenida por regiones	17	66.	Suelo, grado de ponderación (15%)	42
23.	Parámetro de costo por regiones	17	67.	Hidrología, grado de ponderación (30%)	42
24.	Coefficientes telescópicos aplicados	18	68.	Socio-económico, grado de ponderación (40%)	42
25.	Inversión en captación, conducción y distribución (USD/ha)	18	69.	Análisis Económico, grado de ponderación	43
26.	Aspectos relativos a absorción tecnológica	19	70.	Ponderación de indicadores por área de riego (Chubut)	43
27.	Escenario de absorción tecnológica (% superficie)	19	71.	Inversiones viables totales por Cuenca	44
28.	Esquema de determinación de costos	19	72.	Estudio de Caso. Cuadro de Precipitaciones	45
29.	Resultados de inversión parcelar Mendoza	20	73.	Estudio de Caso. Cuadro de Vientos	45
30.	Inversiones parcelares por provincia	20	74.	Primera fase del Proyecto Arroyito	46
31.	Inversiones en parcelas por mejoras (Millones USD)	21	75.	Resumen Nuevas Áreas	47
32.	Inversiones en riego presurizado por cultivo	21	76.	Zona de estudio Riego Complementario	49
33.	Incremento producción media por provincia	22	77.	Mapa Hidrogeológico de la zona de Estudio	50
34.	Superficie cultivada agrupada (ha)	22	78.	Caracterización Recursos Hídricos Subterráneos (Misiones)	51
35.	Potencial incremental de rendimientos en cultivos	22	79.	Área recomendada riego agua subterránea (Corrientes)	51
36.	Demandas medias de cultivos y ahorro de agua	23	80.	Estimación de recarga de acuíferos (Entre Ríos)	52
37.	Potencial de área en función del escenario (mil ha)	23	81.	Área recomendada riego agua subterránea (Entre Ríos)	52
38.	Superficie para ampliar en Áreas Existentes	24	82.	Área recomendada riego con agua subterránea (Formosa)	53
39.	Puestos de trabajo generados con inversiones	24	83.	Área recomendada riego con agua subterránea (Chaco)	53
40.	Gráficos superficies empadronadas y a ampliar	25	84.	Área recomendada riego con agua subterránea (Santa Fe)	54
41.	Inversión total en millones de USD	25	85.	Estructuras Hidrogeológicas de Santiago del Estero	54
42.	Costo de inversión por superficie expandida (USD/ha)	26	86.	Área recomendada riego con agua subterránea (Córdoba)	55
43.	Resultados Evaluación Económica	27	87.	Sistemas Hídricos principales en Noreste de Argentina	55
44.	Variables consideradas para Simulación de Montecarlo	27			

Cuadro Nº	Página Nº	Cuadro Nº	Página Nº
88. Precipitación anual y medias. Colonia Benítez, 1971-2010	55	130. Costo de Producción en secano	76
89. Precipitación media. Colonia Benítez. 1971-2000	56	131. Algunos resultados de TIR (fuente subterránea)	77
90. Estaciones de precipitación analizadas	56	132. Resultados de TIR (canal, bombeo y canal, bombeo y tubería)	77
91. Años característicos Zona Norte y Este de región	56	133. Mapas de TIR más conveniente por alternativa y localización de tipología de alternativa más conveniente	78
92. Lluvia mensual (años seco, medio y húmedo). Las Lomitas	57	134. Simulación de ha viables según valores de tarifa eléctrica	78
93. Cuencas y subcuencas con información de caudales	57	135. Mapas de restricciones aplicadas a la superficie viable	79
94. Caudales (m3/s) río Bermejo en El Colorado	58	136. Superficie a ampliar con aguas superficiales por riego complementario	79
95. Curva de caudales como porcentaje del módulo	58	137. Área potencial a ampliar con riego complementario	80
96. Curva de caudales. Margen izquierda río Paraná	59	138. Resumen de superficie e inversiones requeridas en riego complementario	80
97. Caudal anual estimado y precipitación. Margen izq. Paraná	59	139. Estudio de Caso. Ubicación Grupo La Vertiente	81
98. Caudales ríos principales	60	140. Ubicación equipos de riego en Grupo Las Vertientes	82
99. Caudales diarios mínimos margen izquierda al río Paraná	60	141. Costos básicos y la inversión general	83
100. Células de Cultivo considerando cereales y oleaginosas	61	142. Márgenes brutos sin riego	83
101. Tendencias de Área Cosechada (has)	61	143. Márgenes brutos con riego	84
102. Células de Cultivo propuestas a futuro	62	144. Resumen Riego complementario	86
103. Evapotranspiración del cultivo para enero (año medio)	62	145. Producción de agua residual y recursos hídricos	87
104. ETo para enero (valores bajos, medios y altos)	63	146. Extracciones de agua por origen en Argentina	87
105. Evapotranspiración trigo para año medio (Estación Ceres)	63	147. Efecto financiero de reutilización sobre partes interesadas	88
106. Evapotranspiración (ETc) del trigo para el año medio y todo su ciclo	64	148. Matriz de Evaluación Institucional (por variable y sistema)	90
107. Requerimiento neto de riego del trigo para todo su ciclo	64	149. Modelo de análisis Matriz de Evaluación Institucional	91
108. Lámina de agua disponible (mm) del horizonte superficial	65	150. Matriz de Evaluación: Variables y Subvariables	92
109. Profundidad del perfil (cm)	65	151. Medición de Variables y Subvariables	92
110. Clases de Salinidad	65	152. Riego Integral áreas existentes. Resultados globales	93
111. Incremento de la producción de soja (grano) por riego sin y con c.c. (Ceres)	66	153. Riego Integral áreas existentes	94
112. Frecuencia láminas de riego mensuales en soja sin y con c.c. (Ceres)	66	154. Riego Integral áreas existentes. Resultados por variable	95
113. Láminas de riego y producción (biomasa y grano) sin y con c.c. (Ceres)	66	155. Riego Integral Nuevas Áreas. Resultados Globales	96
114. Necesidades netas y brutas (considerando 50 y 80% de eficiencia)	67	156. Riego Integral nuevas áreas. Resultados por variable según provincia	97
115. Eficiencias factibles en función de la infraestructura de riego	67	157. Riego Integral nuevas áreas existentes. Resultados por variable	98
116. Coeficientes de la ecuación de lámina de lavado	68	158. Riego Complementario. Resultados globales	98
117. Ecuación de lámina de lavado y valor lámina de riego	68	159. Riego complementario. Resultados por variable según provincia	99
118. Necesidades de riego netas y brutas (eficiencia del sistema sin y con c.c.)	69	160. Riego complementario. Resultados por variable	100
119. Mapas de rendimiento de Algodón y Maíz con y sin cambio climático	69	161. Esquema Herramienta Multicriterio	101
120. Mapas de Ecorregiones y tipos de suelo	70	162. Fajas meridianas según sistema de proyección que divide a Argentina	102
121. Mapas de Infraestructura existente	71	163. Esquema de obtención de IPR	102
122. Tipología de obras	71	164. Bloques Herramienta Multicriterio	103
123. Características de acuíferos y supuestos considerados	73	165. Resultado de ejecución de la Herramienta Multicriterio	103
124. Mapa de Costos de Entre Ríos con Líneas de Energía	73	166. Muestra de áreas identificadas	104
125. Mapa de Costos de Formosa con Líneas de Energía	74	167. Mapa de Áreas Existentes de la Herramienta Multicriterio	104
126. Costos medios de Operación según fuente de Energía	74	168. Potencial del Riego en Argentina	105
127. Costos de Inversión y de O&M con fuentes subterráneas	75	169. Superficie Potencial a Ampliar (ha)	106
128. Costos de Inversión y de O&M con fuentes superficiales	75	170. Inversiones necesarias para ampliar la superficie bajo riego	107
129. Precios FOB	76	171. Cuadro Resumen General	115

Alcance y Contenidos del Estudio

El presente estudio está compuesto por un conjunto de Informes y Apéndices cuyos contenidos fueron sintetizados en este documento.

El objetivo general del estudio ha sido el de sistematizar información y generar herramientas analíticas en una plataforma de información con el objeto de posibilitar a los técnicos, instituciones relacionadas y a los tomadores de decisión a plantear propuestas, enriquecer y mejorar la información de base y definir escenarios de inversión identificando beneficios e impactos asociados.

Complementariamente se identifican recomendaciones y propuestas técnicas, económicas - financieras y de marcos legales e institucionales a ser consideradas para posibilitar e implementar acciones que favorezcan el crecimiento de la agricultura irrigada en la Argentina.

El presente Informe Principal resume los criterios, consideraciones metodológicas y resultados obtenidos por el equipo de trabajo.

La información completa así como la información de base y herramientas analíticas utilizadas se encuentran a disposición de los interesados en www.prosap.gov.ar y <http://www.fao.org/americas/programas-y-proyectos/utf017arg/es/>

Detalle de Anexos y Apéndices

1. Informe Riego Existente

Apéndices:

- a. Relevamiento de información (Excel y mapas)
- b. Tablas Costos Colectivos (Excel)
- c. Tablas Inversión Parcelares (Excel)
- d. Evaluaciones Económicas (Excel)
- e. Simulaciones (Excel)
- f. Metodología de Montecarlo
- g. Resultados de Montecarlo (Excel)

2. Informe Áreas Nuevas

Apéndices:

- a. Informe de Cuencas (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación)
- b. Análisis Cuencas(Excel)
- c. Nuevas Áreas (Excel)
- d. Evaluación Económica Nuevas Áreas (Excel)
- e. Embalses (Excel)

3. Informe Riego Complementario

Apéndices:

- a. Evaluación Económica (Excel)

4. Informes INA:

- i. Recurso Superficial
- ii. Recursos Subterráneos
- iii. Demandas

5. Informe de Salinidad y áreas degradadas (INTA)

6. Herramienta Multicriterio

Apéndices:

- a. Guía rápida
- b. Anexo
- c. Herramienta

7. Informe Institucional y Legal

Apéndices:

1. Operacionalización de la Matriz de Evaluación Institucional
2. Riego Integral Áreas Existentes
3. Riego Integral sobre nuevas áreas
4. Riego Complementario
5. EAPs Censo 2002
6. Concesión de aguas y titulación de tierras
7. Organización de usuarios en la legislación Argentina

8. Aguas Residuales

9. Estudio de Caso Nuevas Áreas

10. Estudio de Caso Riego Existente

11. Estudio de Caso Riego Complementario

12. Anexo explicativo de información sistematizada, generada y disponible

El “Estudio del potencial de riego en Argentina” es fruto de una cuidadosa investigación destinada al diseño de políticas públicas en materia de riego, como parte del acuerdo firmado entre el PROSAP y la FAO con financiamiento del Banco Mundial, en el marco del compromiso de nuestro país para el manejo sustentable de sus recursos hídricos, contemplando los efectos del Cambio Climático.

La ampliación de la superficie irrigada mediante la construcción y la reconstrucción de sistemas de riego ha sido un tema central del PROSAP en estos años de gestión. Sabemos de primera mano que el riego es una herramienta estratégica para aumentar la producción de alimentos y contribuir a la seguridad alimentaria, generar nuevas oportunidades de trabajo, dinamizar zonas que se han visto marginadas de las fuerzas del mercado global y, además, promover el arraigo de las nuevas generaciones en su tierra de origen.

Desde esta perspectiva, consideramos la cuestión del acceso y distribución del agua como un eje prioritario en materia agropecuaria y, fundamentalmente, en relación al objetivo de equilibrar el mapa social y productivo de nuestro país, dirigiendo recursos, capacidad e infraestructura a las economías más postergadas y así mejorar la calidad de vida de la población.

Por este motivo, más allá de las intervenciones locales, es clave la tarea de recopilación y reflexión sobre lo actuado que permita integrar las experiencias en un marco conceptual, con el fin de aportar a la formulación de políticas públicas nacionales.

En tal sentido, es una enorme satisfacción presentar como aporte el Informe Final del estudio, especialmente concentrado en las nuevas áreas de crecimiento y su adecuación a las más modernas tecnologías. Un gran mérito de la investigación radica en provenir de un trabajo territorial, llevado adelante por profesionales y técnicos de diversos campos, de modo que la problemática no queda reducida a un tema de ingeniería, sino que contempla los aspectos sociales y relativos a la producción.

Podemos adelantar una conclusión: la Argentina tiene un enorme potencial productivo y existe una demanda concreta de los productos agropecuarios que nuestro país está en condiciones de proveer a los distintos mercados. Tenemos los recursos para dar un salto de calidad en relación a los desafíos tecnológicos, institucionales y jurídicos de la agricultura bajo riego, así como también para reposicionar a nuestro país en el escenario mundial y obtener las inversiones necesarias para las obras que permitan un uso eficiente del agua y un aumento de las hectáreas irrigadas.

Esperamos que este material sea útil para la formulación y ejecución de políticas públicas destinadas al riego, como también para la consulta de aquellos técnicos y profesionales dedicados al desarrollo de los sistemas de riego en nuestro país. Una aspiración adicional, y quizás más importante, es que la publicación habilite nuevas discusiones y la producción de nuevos textos, para ubicar con mayor preponderancia el tema del riego en la agenda pública nacional.

Jorge Neme

Coordinador Ejecutivo PROSAP

Argentina



©MAGYP

©MAGYP

Agradecimientos

Este documento fue desarrollado en el marco del proyecto UTF denominado “Desarrollo Institucional para la Inversión”, el cual es un acuerdo de asistencia técnica entre la FAO y el PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales), con financiamiento del Banco Mundial.

Es el resultado final de la actividad integrada de expertos en agua, instituciones nacionales e internacionales, universidades, organismos gubernamentales y empresas privadas y sobre todo ha sido posible gracias al apoyo de Jorge Neme, Coordinador Ejecutivo de la Unidad para el Cambio Rural (UCAR); y Raúl Castellini, Responsable del Área de Gestión de Programas y Proyectos (UCAR-PROSAP); además de Valdir Welte, Representante de FAO en Argentina y Francisco Yofre, Oficial de Programas (FAO).

La preparación del estudio ha contado con la participación de un equipo central de consultores de la UTF formado por: Celia López, Esteban Parra, Federico Perinetti, Florencia Zunino, y Raúl Mercau, bajo la coordinación general de Luis Loyola, Oficial Técnico de Apoyo a las Inversiones (TCIC) de FAO.

El relevamiento de las áreas irrigadas, fue apoyado por Fernando Di Lello, Gonzalo Aldrey, Juan Cristóbal Acuña, Horacio Diez y Miguel Hueriga

Se ha contado también con la participación de consultores especializados en distintas áreas: Eliana Luna, Liber Martín, Noelia Torchia, Martín Marazzi, Pilar Román y María Teresa Badui.

Se agradece el compromiso y apoyo a través de cartas de acuerdos al Instituto Nacional del Agua (INA), en especial a Carlos Paoli, Dora Sosa, Luis Lenzi, María del Valle Venencio, Santa Salatino y José Morabito; al Grupo Tragsatec España, en especial José María García Asencio, Manuel Hidalgo, Blanca del Valle y Rubén Hierro, y al Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), en especial a Ramón Mauricio Sánchez.

El trabajo ha sido resumido por el Licenciado Raúl Silanes, con estudios de caso preparados por Diego Heinrich y Juliana Arbentengo (Aapresid); y Federico Perinetti, consultor FAO.

La revisión del documento fue realizada por: Dino Francescutti, Selim Mohor, José Morabito y José García Serrano.

Por su activa participación y apoyo durante el transcurso de la elaboración del estudio, a partir de sus sugerencias, aportes y validaciones: se agradece especialmente a Adrián Zappi, Fernando Gomensoro, Pablo Loyola, Patricio Rodríguez Aguilera, Juan Pablo Acuña, Eduardo Ramet, Marta Paz y Lucio Duarte.

Se agradece además a quienes contribuyeron en la organización de los talleres desde la oficina de FAO Argentina: Alejandra Mussano, Paola Chiarella, Carlos Petersen y Yessica Chiappari; y de la UCAR, a Valeria Terzuolo y Graciela Cressatti.

Complementariamente se agradece a los participantes de los talleres que fueron una parte esencial del estudio, para realizar las validaciones de metodologías y resultados. Del equipo PROSAP/UCAR han participado Alejandro Gorsky, Hernán Braude, Laura Abraham, Gabriela Borbely, Néstor Murgier, Mario Nanclares, Susana Márquez, Teresa Oyhamburu, Victoria Vallez, Martín Spirito, Lucas Costa, Juan Pablo Fernández (UEC), David Giaveno, Juan Pablo Sánchez, Norma Piccoli, Mirta Botzman (AFP); Carmen Molejón, Lilian Pedersen, Erwin De Nys, Javier Zuleta, Raquel Orejas, Renato Nardello, Remi Trier (Banco Mundial); Gabriel Parellada y Carlos Nadra (MAGyP); Almir Vieyra Silva, Álvaro Eleuterio da Silva, Caio Leite (SENIR, Brasil); Sergio Soares y Thiago Henriques Fontenelle (ANA Brasil); Gervasio Finozzi, Jorge Marzaroli (Ministerio de Agricultura de Uruguay); José Luis Álvarez, Santiago Ruíz, Mario Salomón, Juan Pablo Yapura (DGI, Mendoza); Alisa Álvarez, Paula Rodríguez (INA); Aquiles Salinas, Daniel Prieto, Roberto Simón Martínez, Eduardo Martelloto, Julio Puchulu (INTA); Daniel Rossi, Matías Campos, Gustavo Martini (ACREA); Gastón Fernández (Maizar); Juan Erdmann (ASA); Carlos Abihaggle (Universidad Nacional de Cuyo); Miguel Cuervo (Universidad Nacional de Buenos Aires); Horacio Levit, Maximiliano Schwerdtfeger, Leopoldo Mayer, Tomás Relota, Carlos Paitovi (UNSAM); Gabriel Santos, Andrés Butta, Phillipe Dye (empresas de riego).

Abreviaturas

- ACRE. Área de Cultivos Restringidos y Especiales.
- AS. Análisis de Frecuencia.
- ALC. América Latina y el Caribe.
- AS. Aspersión.
- BID. Banco Interamericano de Desarrollo.
- BIRF. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.
- BM. Banco Mundial.
- BPA. Buenas Prácticas Agrícolas.
- CE. Conductividad Eléctrica.
- CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Naciones Unidas).
- CEZA. Centro de Estudios de Zonas Áridas.
- CFA. Consejo Federal Agropecuario.
- CFI. Consejo Federal de Inversiones.
- CMA. Consejo Mundial del Agua.
- CNULD. Convención Naciones Unidas Lucha contra Desertificación.
- COFEMA. Consejo Federal del Medio Ambiente.
- COHIFE. Consejo Hídrico Federal.
- COIRCO. Comité Interjurisdiccional del Río Colorado.
- CONICET. Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- COVIAR. Corporación Vitícola Argentina.
- CRA. Confederaciones Rurales Argentinas.
- DGI. Departamento General de Irrigación (Gobierno de Mendoza).
- DU. Disponibilidad Unitaria.
- EAP. Explotación Agropecuaria.
- EMI. Estrategia de Manejo Integrado.
- EPSA. Estrategias Provinciales para el Sector Agropecuario.
- ETc. Evapotranspiración del cultivo.
- ETo. Evapotranspiración.
- FAO. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FDH. Fondo de Desarrollo Hídrico.
- G. Goteo.
- GIS. Sistema de Información Geográfica.
- GyTT. Generación y Transferencia de Tecnología.
- Hec RAS. Programa de Cálculo hidráulico.
- I+D. Investigación y Desarrollo.
- IC. Inspección de Cauce.
- IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- INA. Instituto Nacional del Agua (Argentina).
- INCyT. Instituto Nacional para la Ciencia y la Tecnología Hídrica (actual INA).
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- IPALar. Instituto Provincial del Agua de La Rioja.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IVAN. Índice del Valor Actual Neto.
- LS. Latitud Sur.
- LR. Lámina de Riego.
- MA. Microaspersión.
- MAGyP. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- MERCOSUR. Mercado Común del Sur.
- MI. Manejo Integrado.
- MIRH. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos.
- M&E. Monitoreo y Evaluación.
- Na. Sodio.
- NEA. Noreste Arg. (Corrientes, Misiones, Chaco, Formosa y Stgo. del Estero).
- NOA. Noroeste Argentino (Jujuy, Tucumán, Salta, Catamarca y La Rioja).
- OEA. Organización de los Estados Americanos.
- ONG. Organización No Gubernamental.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas.
- OPRGHS. Organismos Provinciales de Gestión de los Recursos Hídricos.
- OPS. Organización Panamericana de la Salud.
- PBG. Producto Bruto Geográfico.
- PEA. Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial.
- Pef. Precipitación efectiva.
- PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PROSAP. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales.
- RES. Escurrimiento superficial.
- RSU. Residuos Sólidos Urbanos.
- SAGPyA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- SECYT. Secretaría de Ciencia y Técnica.
- SENASA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.
- SFR. Superficie Factible de Riego.
- SNIH. Sistema Nacional de Información Hídrica.
- SRRHH. Subsecretaría de Recursos Hídricos.
- TIR. Tasa Interna de Retorno.
- UCAR. Unidad para el Cambio Rural.
- UE. Unión Europea.
- UEP. Unidad Ejecutora de Proyecto.
- USD. Dólar norteamericano.

RESUMEN

Aumentar la superficie agrícola irrigada en la República Argentina, producirá un enorme impacto positivo, no sólo sobre la producción sino también sobre el valor de la misma, conjuntamente con la creación de empleo y generación de mejores condiciones, para el desarrollo de zonas rurales. Por eso el objetivo general del Estudio que hoy presentamos a discusión, es la identificación del potencial de la ampliación del área irrigada existente y, a su vez, la posibilidad de desarrollar nuevas áreas de riego. Los resultados muestran un gran potencial de ampliación del riego, del orden de 6,2 millones de hectareas, lo cual representa aproximadamente tres veces el área actualmente irrigada. Las propuestas señalan que se debe integrar la política hídrica a las políticas sociales, económicas y ambientales; sobre todo, fomentar la inversión privada en riego y drenaje, para su modernización, expansión y adaptación ante el cambio climático. De las conclusiones surge que es necesario reforzar aspectos tales como la asistencia técnica, capacitación, acceso a información, fortalecimiento institucional, mecanismos de financiamiento, etc.

Palabras clave: Ampliación, Argentina, Irrigación, Riego, Cultivos

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

En el contexto de las políticas de fortalecimiento del aparato productivo argentino, resalta como un eje principal la reconstrucción de las cadenas productivas agroalimenticias. Para desarrollar esta tarea, surge la problemática de los sistemas de riego en particular y de la producción agropecuaria en general, fuertemente vinculadas a la posibilidad de crecimiento.

No es casual que en Argentina la agricultura sea responsable del 70% del consumo anual de agua: el riego es el destino principal de los recursos hídricos.

Este “Estudio del Potencial de Ampliación del Riego en Argentina”, es una base para la discusión e implementación de acciones que posibiliten un crecimiento de la agricultura irrigada en el país, fortaleciendo el rol del riego en la agenda pública como una herramienta eficiente para la intensificación sostenible de la producción agrícola y del desarrollo rural.

Los resultados del estudio, contribuirán sin duda a la reconstrucción de una trama productiva que brinde la posibilidad concreta del desarrollo sostenible, a través de las políticas públicas relacionadas que sea necesario implementar. En cuyo caso, el presente trabajo merece retroalimentarse entre todos los involucrados, enriqueciendo así el producto final a la vez de colaborar a la instalación de la temática e importancia del riego en la conciencia ciudadana.

Aumentar la superficie agrícola irrigada en Argentina, producirá un enorme impacto positivo, sobre el volumen de la producción y el valor de la misma, conjuntamente con la creación de empleo y la generación de mejores condiciones, para el desarrollo rural.

ANTECEDENTES

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP), firmaron un acuerdo de Asistencia Técnica, con financiamiento del Banco Mundial, denominado “Desarrollo Institucional para la Inversión” (UTF/ARG/017/ARG) el cual tiene por objetivo general mejorar las condiciones de vida de pequeños y medianos productores, mediante el incremento de inversiones agropecuarias que favorezcan su desarrollo.

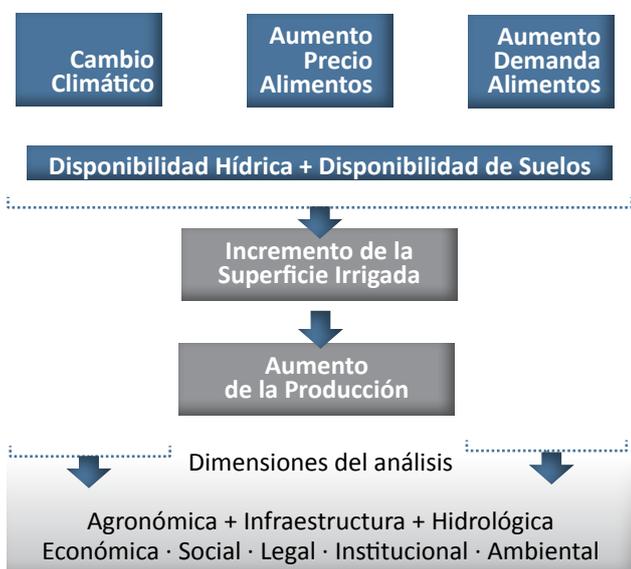
Uno de los objetivos específicos es realizar estudios sectoriales que contribuyan a la generación o ajuste de políticas públicas, así como a la identificación de áreas prioritarias de inversión provincial o nacional. En este marco, el presente estudio se orienta a identificar el “Potencial de Ampliación del Riego en la Argentina”, de cara al contexto actual y futuro.

CONTEXTO Y OPORTUNIDAD PARA INICIATIVAS DE INVERSIÓN

El aumento de la demanda de alimentos y el incremento de sus precios, junto con los impactos generados por el Cambio Climático, presentan desafíos y oportunidades para el riego como herramienta de desarrollo.

Por ende, es relevante el desafío tecnológico, institucional y jurídico, de la agricultura bajo riego, sobre todo para las Economías Regionales.

Cuadro N°1. Variables determinantes relacionadas con producción bajo riego



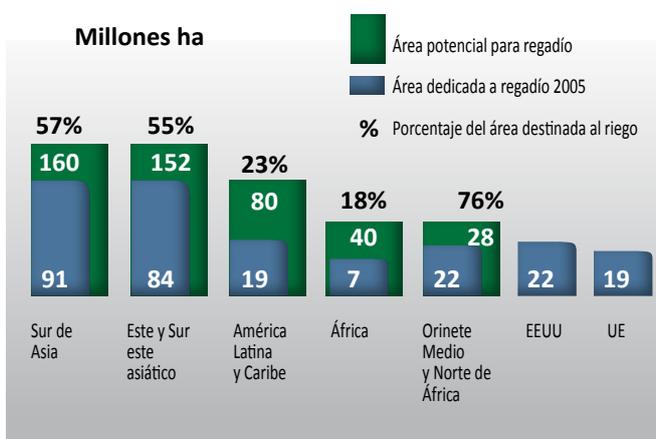
En la actualidad, en Argentina 2,1 millones de hectáreas aparecen irrigadas, a partir de fuentes superficiales y subterráneas. Estas áreas irrigadas se localizan tanto en sistemas públicos como en áreas privadas. Dicha superficie, a pesar de su baja eficiencia relativa, genera alrededor de un 13% del valor de la producción agrícola del país. Sumado a los factores mencionados, debe decirse que la agricultura irrigada existente, presenta un interesante potencial de expansión, lo cual es uno de los objetivos del presente estudio.

Adicionalmente, ciertas zonas del país presentan condiciones agroecológicas favorables y disponibilidad del recurso hídrico, lo cual posibilitaría generar importantes beneficios de producción a partir de inversiones en riego, tanto en la implementación de nuevas áreas productivas bajo riego, como en áreas productivas existentes en secano, donde tales inversiones generarían condiciones adecuadas para el incremento de la producción agrícola en condiciones sostenibles.

SITUACIÓN ACTUAL DEL RIEGO EN ARGENTINA

Las únicas dos regiones a nivel mundial con posibilidades de ampliar su área cultivada y de riego de manera sostenible, son África Sub-Sahariana y América Latina en la cual se riega solamente un 23% de la superficie potencialmente irrigable, como lo grafica el Cuadro siguiente.

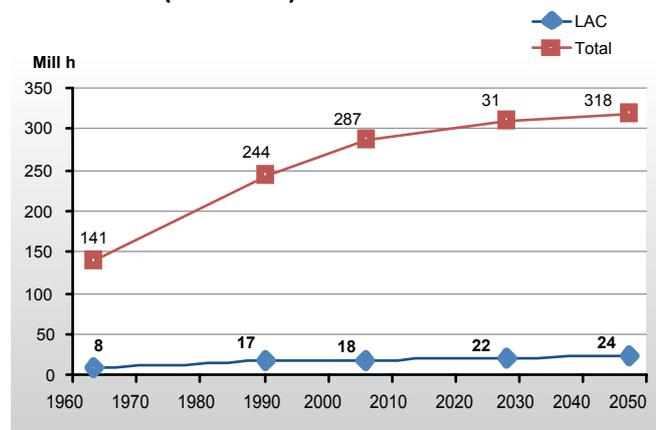
Cuadro N°2. Superficie apta para regadío vs. Superficie efectivamente regada.



Fuente: Aquastat FAO

En este contexto, la evolución histórica y las proyecciones de ampliación de áreas bajo riego, estimadas para alcanzar las demandas requeridas de alimentos hacia el año 2050, pueden observarse en la gráfica siguiente.

Cuadro N°3. Evolución y proyección superficie bajo riego en A. Latina (1960-2050)

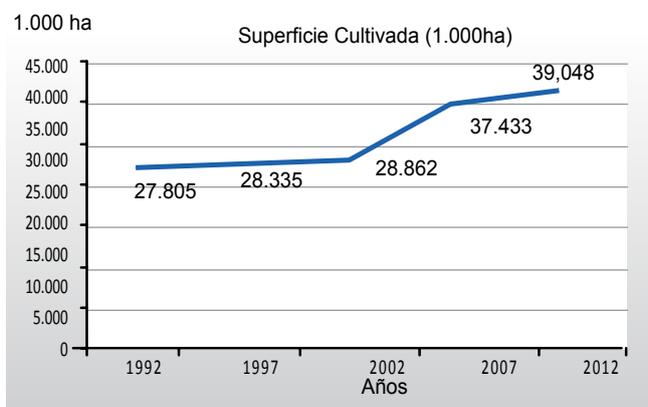


Fuente: Aquastat FAO

Esta situación resalta la importancia de generar estrategias y mecanismos de financiamiento, capaces de permitir el incremento la superficie irrigada, para aumentar la producción de una manera sostenible.

En cuanto a Argentina en particular, es importante destacar que su superficie total cultivada, presenta en los últimos veinte años (1992-2012), un crecimiento sostenido (de 27,80 millones de hectáreas en 1992 a 39,04 millones de ha en 2012), con un impulso particular desde 2002.

Cuadro N°4. Evolución de la superficie cultivada en Argentina (1.000 ha)



Fuente: Aquastat FAO

En Argentina, la superficie irrigada no ha acompañado la misma tasa de crecimiento, encontrándose que solo 2,1 millones de hectareas se encuentran irrigadas, lo que significa un 5% de la superficie actualmente cultivada (39 millones de ha), lo que representa una tasa de crecimiento inferior a las tendencias de otras regiones y de otros países de América Latina.

Cuadro N°5. Características Comparativas del Riego en la Región

	Argentina	América	Mundo
Superficie Cultivada (millones Ha)	39	175,8	1.545
% sobre total de la superficie	13,9%	8,6%	10,8%
Población (millones)	41	581,4	7.046
Población Rural	7%	21%	47%
Superficie regada (millones has)	2,1	18	287
% sobre total cultivada	5%	10%	19%

Fuentes: Aquastat, estudio UTF/017/FAO y Banco Mundial

Las referencias anteriores, conforman un indicador palpable del potencial que se presenta para el incremento del riego en Argentina, considerando la posibilidad de un escenario futuro de mayor demanda de alimentos, en un ámbito donde el Cambio Climático y sus impactos en los recursos hídricos y clima generan oportunidades para la consideración del riego como herramienta eficiente de adaptación a dichos impactos.

Las características comparativas de Argentina en la región, configuran un contexto favorable para analizar potenciales inversiones hacia el sector hídrico, reduciendo a su vez la presión productiva, sobre la expansión de la frontera agrícola en determinadas zonas.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo general del estudio, es la identificación del potencial de Argentina para la ampliación del área irrigada existente, tanto en ampliación ó nuevas áreas de riego integral como en nuevas áreas de riego complementario. En otras palabras, generar información de base y propuestas orientadas a favorecer la planificación y definición de acciones estratégicas que permitan una ampliación del riego a nivel nacional.

En cuanto a los objetivos específicos, se pueden mencionar los siguientes:

- Recopilación y Sistematización de información del riego existente, a nivel nacional, en formatos y plataformas accesibles que permitan y faciliten el acceso y actualización de la misma.
- Desarrollo de análisis y propuestas que colaboren para la definición de estrategias orientadas a favorecer el crecimiento de la agricultura irrigada y la optimización del uso de los recursos naturales y financieros.
- Durante el desarrollo del estudio, implementar procesos participativos y de consulta que permitan la discusión y validación de las metodologías de análisis y criterios utilizados.

Los productos obtenidos, colaborarán con el análisis de las diferentes posibilidades y acciones factibles, proponiendo al mismo tiempo, estrategias de acciones e inversiones vinculadas al desarrollo del riego a nivel nacional. Esto también permitirá colaborar en la identificación de acciones que favorezcan las metas planteadas en el Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial (PEA), preparado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, además de generar información para la definición de estrategias o planes de riego tanto a nivel provincial como nacional.



Cuadro N°6. Mapa de división agroclimática de Argentina

Áreas Existentes

Riego Complementario

Nuevas Áreas

MARCO METODOLÓGICO Y OPERACIONAL DEL ESTUDIO

Desde el punto de vista metodológico, el estudio se desarrolló implementando diferentes instancias participativas y de consulta, para la presentación de avances y validación de criterios en distintas etapas, entre las que se pueden destacar:

- Numerosas consultas y recopilación de información, con diversas instituciones y referentes, tanto provinciales como nacionales, por parte de consultores especialistas contratados.
- Validación de la información recopilada de sistemas de riego existente con los actores provinciales relevantes. Dicha validación se realizó haciendo disponible la información, a través de la página web del PROSAP y mediante consultas y gestiones específicas con actores e instituciones provinciales relacionadas con la gestión del riego.
- Realización de 10 talleres participativos, donde se contó en diferentes instancias con la participación de:
 - i. Instituciones provinciales vinculadas a la producción y al riego;
 - ii. Instituciones de investigación nacionales (INA, INTA);
 - iii. Universidades (UNL, UBA, UNCuyo, UNSAM);
 - iv. Especialistas de diferentes áreas del PROSAP y UCAR, además del Ministerio de Agricultura;
 - v. Representantes de Organizaciones de Productores (AAPRESID, ACREA, MAIZAR);
 - vi. Representantes de empresas de riego del ámbito nacional;
 - vii. Especialistas consultores nacionales e internacionales;
 - viii. Especialistas del Banco Mundial.

Con el objeto de contar con la participación de las instituciones nacionales referentes en cada temática, se realizaron acuerdos específicos de colaboración con las siguientes instituciones:

- i. Instituto Nacional del Agua (INA): para analizar la disponibilidad de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, en las áreas con potencialidad de riego complementario; además del estudio de requerimientos hídricos y productividad de los diferentes modelos, en diversos escenarios;
- ii. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): para el estudio de áreas degradadas y con salinidad a nivel nacional;
- iii. Universidad Nacional de San Martín (UNSAM): análisis de costos de infraestructura y aspectos ambientales en las áreas con potencialidad de riego complementario.

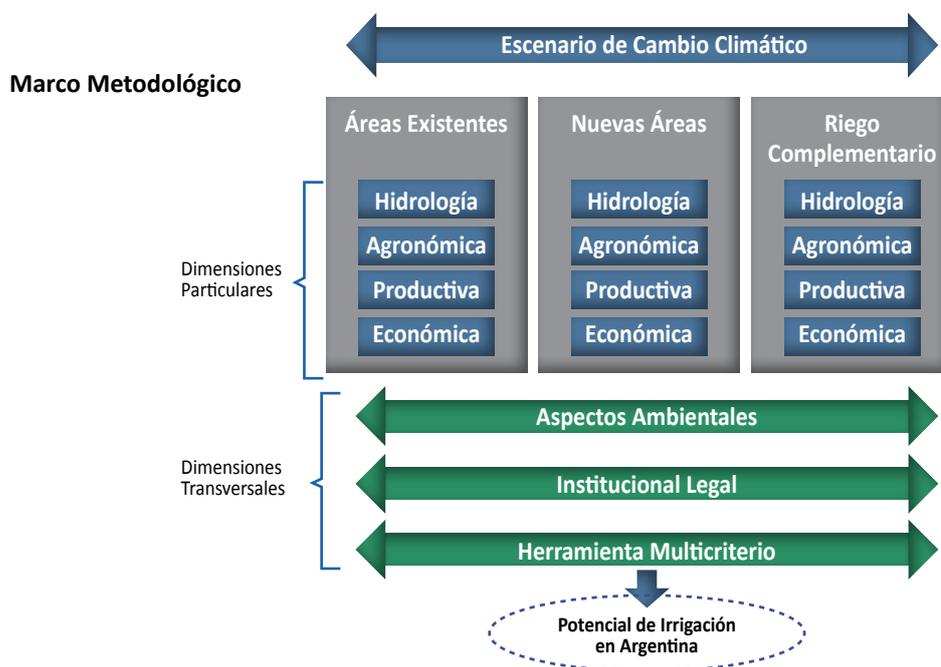
Desde el punto de vista operacional, en base a la diferencia de criterios y metodologías de análisis a considerar, para el estudio del potencial de ampliación del riego, fue necesario dividir los procesos de análisis en las siguientes tipologías:

- **Ampliación en áreas de riego existentes**, por medio de la mejora de los Indicadores de Desempeño (eficiencias) y el uso del recurso hídrico en áreas de riego integral existentes;
- **Introducción de riego complementario** en áreas actualmente cultivadas con producción sin riego, con el objeto de posibilitar un incremento en la productividad o una posible diversificación de cultivos;
- **Incorporación de nuevas áreas**, en zonas que no se encuentran bajo producción, aunque cuentan con condiciones agroecológicas adecuadas y disponibilidad de recursos hídricos.

Para evaluar la viabilidad de potenciales iniciativas de inversión en riego, fue necesario caracterizarlas y evaluarlas, desde distintas dimensiones de análisis:

- Hidrológica (disponibilidad, análisis oferta/demanda de sistemas, etc.);
- Agronómica (usos y tipos de suelo, rendimientos, etc.);
- Productiva (modelos y productividades, precios y mercados, etc.);
- Económica (costos, rentabilidad, sensibilidad de los resultados, etc.);
- Ambiental (calidad de agua, suelos, impactos esperados, etc.);
- Social (situación de tenencia de tierras, beneficiarios, etc.);
- Institucional y Legal (aspectos críticos para la gestión del riego, como marcos normativos, institucionalidad, participación de usuarios, etc.).

Cuadro N°7. Esquema Marco metodológico



Ante la compleja red de factores intervinientes, se propuso una metodología de evaluación multicriterio, considerando las diversas dimensiones mencionadas, además de analizar diferentes escenarios productivos y efectos del Cambio Climático. En la búsqueda de una solución operativa que permita consolidar y manejar la gran cantidad de información generada, se desarrolló una herramienta informática multicriterio, con el objetivo de unificar el manejo de la información bajo el esquema metodológico propuesto que, a su vez, resulte un instrumento dinámico y práctico para tomar decisiones.

Cuadro N°8. Esquema herramienta multicriterio.



Fuente: Tragsatec

A partir de los resultados e iniciativas identificadas, se analizaron distintos mecanismos para su implementación, desde el punto de vista de las inversiones en infraestructura, fortalecimiento de organizaciones, acciones institucionales y legales, estrategias de financiamiento y participación pública-privada.

De forma paralela se realizó un análisis en base a Estudios de Caso (ver Listado de Anexos y Apéndices), con el objeto de calibrar y validar la información de base considerada, los proyectos realizados o en desarrollo, y los resultados obtenidos. Se logró configurar un caso de estudio para cada una de las 3 tipologías de áreas definidas, identificando características generales, costos de inversión y operación asociados, beneficios alcanzados desde el punto de vista económico y/o productivo, así como dificultades y riesgos, describiéndose una serie de recomendaciones y consideraciones pertinentes en cada caso.

ESCENARIO CAMBIO CLIMÁTICO

Entre los impactos más relevantes del Cambio Climático, para la producción agrícola se pueden mencionar: incremento de temperaturas, disminución de disponibilidad hídrica, e incremento de eventos extremos (inundaciones, heladas, granizo, etc.). Se estima que las pérdidas de productividad asociadas al cambio climático, pueden reducir entre 3% y 17% el PIB agrícola en algunos países de la región.

Cuadro N°9. Efectos de Cambio Climático

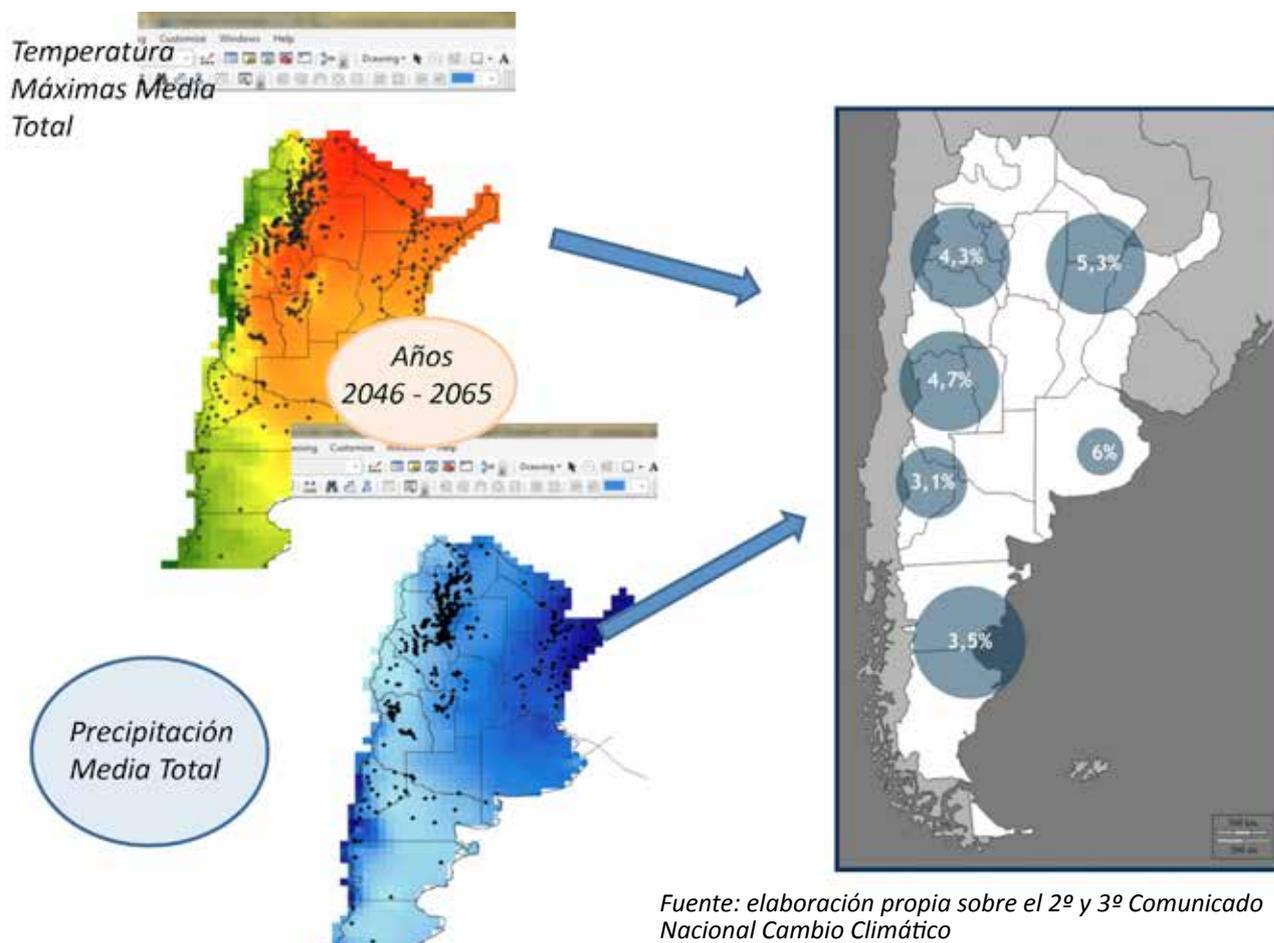


Con el objeto de estimar y cuantificar los impactos sobre la producción futura, se consideraron escenarios con incremento de temperatura (aumento de la necesidad de riego, disminución estimada de precipitaciones y caudales de las fuentes superficiales).

Las informaciones de base y los impactos, fueron analizados por regiones, considerando los datos del 2º y 3º Comunicado Nacional de la República de Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, así como información de diferentes modelos del sitio web Climate Change Portal Knowledge del Banco Mundial (<http://sdwebx.worldbank.org/climateportal>).

En la Gráfica siguiente, pueden observarse los incrementos de necesidades de riego, calculados a partir de variaciones de temperatura estimadas en cada región. Las evaluaciones se realizaron utilizando el modelo Aquacrop, con las células de cultivo más representativas por región.

Cuadro N°10. Aumento de necesidades de riego por zonas.



El portal de Cambio Climático del Banco Mundial, define distintos indicadores a nivel de cuencas, para entender el riesgo del recurso agua en la gestión y desarrollo de infraestructuras o proyectos. Por ejemplo, cuando se evalúan proyectos de agua, se utilizan indicadores como Escurrimiento medio anual, Déficit de agua para riego, Rendimiento de las cuencas o Caudales base. Además, estos indicadores se pueden obtener para las distintas cuencas y modelos de Cambio Climático, con diversas proyecciones de tiempo.

Para evaluar los efectos de escenarios de Cambio Climático, en cuanto a la estimación de periodos de escases hídrica, se tuvo en cuenta el indicador déficit medio de agua para Irrigación que contempla la estacionalidad de los cultivos por cuenca, según el escenario de GCM HadCM3, ya que representa mejor Sudamérica, según el 2º y 3º Comunicado de Argentina, estimándose una media entre las distintas proyecciones temporales.

Cuadro Nº11. Déficit de agua para irrigación (%)

Provincias	Indicador déficit medio de agua para Irrigación (%)
Buenos Aires	12.4%
Catamarca	9.3%
Chaco	12.3%
Chubut	4.9%
Córdoba	14.2%
Corrientes	8.7%
Entre Ríos	14.1%
Formosa	9.5%
Jujuy	9.5%
La Pampa	12.6%
La Rioja	7.9%
Mendoza	14.2%
Misiones	8.7%
Neuquén	8.2%
Río Negro	6.3%
Salta	9.3%
San Juan	16.1%
Santa Cruz	0.0%
Santa Fe	14.1%
Santiago del Estero	12.3%
Tucumán	9.3%

Fuente: elaboración propia sobre la base del Portal de Cambio Climático del Banco Mundial

A partir de estas informaciones, se realizó una estimación de las pérdidas productivas que podrían generarse, en escenarios futuros de mayor temperatura y menor disponibilidad del recurso hídrico.

En base a lo anterior, se concluyó que de no realizarse inversiones en los sistemas de riego actuales, las reducciones de producción evaluadas como pérdidas de superficie equivalente, ascenderían a 325 mil hectáreas.

Pérdidas de Producción estimadas:
325 Mil Has/ 910 Millones USD

- 72%** ➔ Irrigada con Agua Superficial
- 28%** ➔ Irrigada con Agua Subterránea

Puede verse a continuación la distribución de pérdidas de producción estimada por región y por tipo de fuente (en hectareas equivalentes).

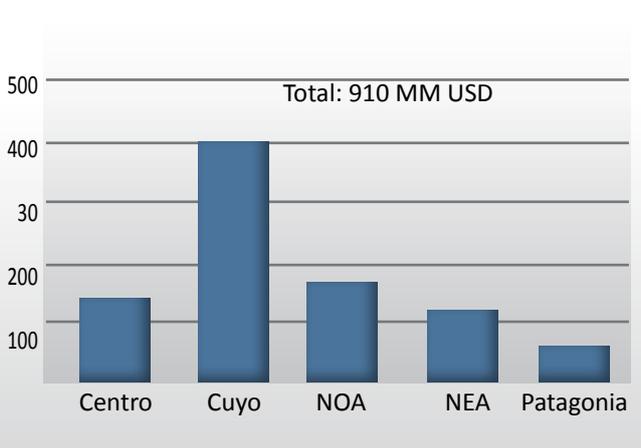
Cuadro Nº12. Pérdidas de Superficie por Cambio Climático en ha



En cuanto a la magnitud relativa de las pérdidas, en relación a la superficie cultivada y la producción, las mismas se dividen por región, evaluándose en 910 millones de USD anuales destacándose las mayores afectaciones en la zona Cuyo y NOA.

Cuadro Nº13. Pérdidas productivas por Cambio Climático

Producción perdida con CC en áreas de regadío | MM USD



SALINIDAD Y ÁREAS DEGRADADAS

Salinidad

En Argentina existen dos procesos mayoritarios de afectación por sales y/o sodio, resultantes de la aplicación de agua de riego: 1) el que se verifica en las regiones áridas y semiáridas del país, estrechamente vinculado a láminas importantes de irrigación, elevación del plano freático, traslado de sales disueltas hacia el perfil del suelo y deposición de las mismas en superficie; y 2) el proceso relacionado con el riego complementario presurizado con agua bicarbonatada sódica, en la región pampeana, cuyo efecto inmediato es el deterioro de la matriz del suelo (por dispersión, disminución de la infiltración, intercambio gaseoso en el perfil y generación de toxicidad en los cultivos).

Caracterización Ambiental

A través de coordenadas como el clima y las precipitaciones, entre otras, se establecen los parámetros ambientales de cada región del país (ver Anexo 5).

La causa principal del deterioro de los suelos en las regiones áridas y semiáridas bajo regadío, es la salinización, ya sea por elevación del plano freático, disolución de las sales presentes en el perfil del suelo regado, o agregado de las mismas en el proceso de aplicación del agua de riego, proveniente de la disolución previa en la misma. En las regiones húmedas de Argentina, la situación de deterioro es causada por la presencia de sodio y el consecuente deterioro de la matriz del suelo.

Según Siebert et al. (2006), en Argentina la superficie afectada por sales era de 600.000 ha. Las sales se encuentran en el agua de riego, a partir de la meteorización de las rocas, además de la disolución lenta del carbonato de calcio, sulfato de calcio y otros minerales, transportados por el agua de riego y depositados en el suelo donde se acumulan, en la medida que el agua se evapora o es consumida por los cultivos.

La salinidad denominada cíclica, es el continuo retorno de las sales del mar a la tierra. Las partículas de polvo funcionan como núcleo, para las sales que el viento lleva, hasta encontrar las cortinas forestales (a estas las obliga a sedimentar).

La drenabilidad es una de las propiedades que el usuario de un suelo regado debiera considerar (determina el ascenso o descenso del plano freático que, siendo por lo general más salino que el agua de riego, al evaporarse el agua del perfil traccionada por la evapotranspiración, deposita las sales en superficie previamente a la vaporización atmosférica).

Metodología para evaluación de áreas bajo riego afectadas por sales y/o sodio

El estudio fue de tipo observacional descriptivo, transversal y correlacional. La población estuvo constituida por 2.100.000 hectáreas bajo riego en el país (la población de estudio, estuvo constituida por 630.000 hectáreas: esta cifra se desprende de asumir que un tercio de la superficie bajo riego, posee un deterioro por salinización/sodicidad inicial).

Se consideraron todas provincias, a excepción de Misiones y Tierra del Fuego, por no presentar áreas representativas de riego y con condiciones pluviométricas y evapotranspirativas excepcionales, para la no acumulación de sales y/o sodio en los perfiles.

Análisis por región

Con el propósito de obtener un análisis ordenado de la situación de salinidad de los suelos, se dividió el país en cuatro ecorregiones: Cuyo, Patagónica, Pampeana y Noroeste Argentino (NEA), además de la región del Noroeste Argentino (NOA).

Las regiones bajo condiciones de riego que presentaron mayor nivel de afectación, particularmente por sales, estuvieron relacionadas estrechamente con la presencia de un plano freático elevado y fluctuante en lo estacional, más que a la calidad del agua aplicada, generando un elevado coeficiente de vulnerabilidad.

Tal es el caso de las provincias de Chubut, San Juan y, en menor medida, Santiago del Estero. Los elevados índices de afectación, están vinculados no a la presencia cercana del plano freático, sino a la aplicación del agua con alta concentración de bicarbonato y sodio, lo cual genera algún grado de deterioro en el suelo, como aterramiento excesivo, dificultad en las labores y pérdida de capacidad de emergencia en los cultivos, entre otros. Esto se hace más notorio en los suelos de constitución argílica de la región pampeana y en particular en los vertisoles de la provincia de Entre Ríos.

El resultado del análisis nacional dio que, en términos generales, un 23.5 % de los suelos regados correspondientes a las áreas estudiadas, posee algún nivel de afectación.

En cuanto a las áreas en general, la Región Patagónica resultó proporcionalmente más afectada (36 %), sin duda debido a los elevados índices que presenta Chubut, producto del deficiente manejo del riego, la elevación del plano freático y, sobre todo, por la presencia de suelos de naturaleza argílica que dificultan un drenaje adecuado.

Para más detalles de cada una de las regiones estudiadas (como las consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la llanura pampeana, riego con agua carbonatada, efectos del sodio en los suelos regados, etc.), consultar el Informe de Salinidad de INTA, donde se hizo referencia a cada una de las regiones en particular.

• Región Pampeana y NEA

Esta macrorregión aparece compuesta para el estudio, por las provincias de Misiones, Chaco, Formosa, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires.

La región pampeana y el NEA (Noreste Argentino), riega sus suelos mayoritariamente por metodología presurizada, a excepción de algunas áreas en el Sur de la provincia de Buenos Aires (valle bonaerense del río Colorado), pequeñas porciones de territorio en Córdoba y Santa Fe, y el litoral de Corrientes y Entre Ríos. El resto del riego, es aplicado por metodología de goteo, microaspersión, aspersión, avance frontal y pívot (fundamentalmente este último ha crecido en ocupación de área en forma exponencial los últimos años).

A diferencia de las regiones regadas por métodos gravitacionales, la región pampeana no presenta en su suelo afectaciones causadas por salinidad; muy por el contrario, la línea divisoria que expone la citada isohieta de los 700 mm hacia el territorio noreste, divide el suelo en dos porciones bien definidas: la primera porción, afectada por sales y/o sodio por debajo de ese valor de precipitación; y la segunda, por encima de 700 mm (proceso degradatorio vinculado al sodio y al riego con agua subterránea bicarbonatada).

En Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires, el riego por pívot ha crecido sustancialmente en el área Norte y Noreste de la provincia de Buenos Aires. En el Sudeste y Sudoeste, se registran otros focos de crecimiento, así como al Centro y Sur del paralelo 32° LS (ver más detalle en Anexo 5, Informe de Salinidad del INTA).

En la provincia de Corrientes, el 93.5% de las aguas superficiales y el 55% del agua subterránea, es de excelente calidad. Sólo el 6.46% de las aguas de la provincia, no son recomendables para riego. Por lo tanto, no se registran procesos importantes de deterioro de suelos por salinidad.

En Entre Ríos, el agua superficial es de buena calidad, no así el agua proveniente de las perforaciones, la cual provoca un sellado superficial de los suelos vérticos, debido a la gran cantidad de bicarbonatos que transporta, en especial en las arroceras.

En el Sudeste de Buenos Aires, la fuente de agua más común para el riego complementario es de origen subterráneo, conteniendo carbonatos y bicarbonatos, lo que incrementa la relación de adsorción de sodio en el suelo.

• Región Cuyo

La Región Cuyo posee, de acuerdo al relevamiento realizado, un porcentaje de suelos afectados por procesos de contaminación salina-sódica del orden del 28.3 % en forma global.

El análisis de los resultados de cada una de las provincias constituyentes de la región Cuyo muestra que Mendoza posee un 26,4 % de suelos bajo riego y efectivamente regados con algún grado de afectación particularmente en el Oasis Norte, intensificándose en ciertos lugares como la Zona Central, Centro Norte y Norte de la cuenca del río Mendoza y con valores inferiores en el río Tunuyán. También existe afectación en el área central, en el límite Este de la superficie regada, coincidente con el uso de agua subsuperficial. El proceso mantiene cierta estabilidad en las cuencas de los

ríos Tunuyán y Mendoza durante los recientes ciclos hidrológicos, con una profundidad del plano freático entre 1 y 2 m, una CE del agua de riego de 0.9 a 1.35 dS.m⁻¹ y una CE del agua de drenaje de 3 a 3.5 dS.m⁻¹ con un RAS de 2-4.0.5. La situación de los ríos Atuel y Diamante en el Oasis Sur, presenta valores más elevados en la concentración salina del agua de riego del orden de 1.35 a 1.50 dS.m⁻¹ con un ligero incremento del RAS a 2.60 en promedio y una ligera tendencia creciente a la salinización.

La provincia de La Rioja posee una baja afectación por salinidad en su área regada del orden del 10.2 %, probablemente debido al método de aplicación de agua de riego en su mayor crecimiento por goteo, en virtud de que sus aguas no presentan problemas de salinización incipiente.

Los resultados de San Juan expresan una alta proporcionalidad de afectación del orden del 56.24 %, siendo el distrito de la región Cuyo más problemático, debido a la sobreaplicación y elevación consecuente del plano freático.

En San Luis el porcentaje de suelos afectados ronda el 12.5% no resultando un problema gracias al crecimiento del riego presurizado proporcionalmente sobre las estimadas ha regadas por gravedad. Solo en estas últimas el sodio se manifiesta en el agua de drenaje por encima de 10 unidades de RAS y entonces el proceso se hace visible.

• Región Patagónica

En la provincia de Río Negro existen tres ríos que pertenecen a diferentes cuencas: el río Negro, el río Colorado y el río Neuquén, todos de régimen nival aunque las calidades de las aguas de riego difieren sustancialmente para el río Colorado con respecto al Negro y Neuquén. Mientras las aguas de los ríos Negro y Neuquén oscilan entre 0.17 a 0.30 dS.m⁻¹, la del Colorado oscila entre 0.9 -1.80 dS.m⁻¹. Esto también se traduce en el agua de drenaje, cuyos tenores salinos en las áreas regadas con aguas del Colorado superan en promedio a las demás. Las aguas de riego del Colorado con mayor nivel de CE total, arrastran sin embargo un nivel alto de Sulfato de Calcio, con lo cual el pH rara vez supera las 7.8 unidades y el RAS muestra valores usualmente de 3-4 generando una categoría de agua clase C3S1. Los suelos regados con esta agua son por lo general haplustoles énticos o típicos de textura arenosa-franca y el efecto degradante es la salinidad y no la sodicidad.

Diferente situación presentan los ríos de las cuencas Neuquén y Negro, con baja salinidad pero con niveles de sodio en solución relativamente altos, con pH en ocasiones superiores a 7, lo cual muestra valores de RAS y PSI en el suelo alto, debido al desequilibrio iónico entre el sodio, calcio y magnesio. Debido a que estas cuencas en las provincias en estudio se riegan por gravedad, siempre la dificultad mayor está en las condiciones de drenaje de los suelos, la profundidad de la freática establecida como equilibrio del descenso gravitacional y las fuerzas de tensión superficial de las partículas de suelo.

La provincia de Chubut posee dos oasis: el VIRCH (Valle Inferior del Río Chubut) y Sarmiento como áreas principales. La primera área bajo riego mencionada es la más afectada, no por la salinidad del agua de riego sino por la naturaleza de sus suelos, constituidos por material fino y muy fino texturalmente argílicos, vertisoles y/o argiudoles vérticos, lo cual desarrollan baja infiltración, plano freático cercano a la superficie y escasa drenabilidad (como consecuencia inme-

diata, salinidad y sodicidad). En Sarmiento el agua de riego es de mejor calidad en promedio, prevaleciendo algunos de los problemas similares al VIRCH, respecto a la drenabilidad y salinidad.

El área regada de Los Antiguos Santa Cruz, es de nivel libre de sales y con concentraciones de bicarbonatos y sodio algo superior a lo normal, pero sin ocasionar hasta el presente dificultades.

La provincia de La Pampa, riega el área de 25 de Mayo con las aguas del Colorado, donde la CE es reducida debido a la escasa disolución de sales en la cuenca superior. Las áreas regadas de El Sauzal y 25 de Mayo, registran una salinidad estable de un 10% en su superficie regada.

• NOA

Salta y Jujuy se caracterizan por una alta variabilidad climática, con un desarrollo de áreas de riego en diferentes subáreas sustentadas sobre suelos en su mayoría aridisoles que en algún caso han derivado en cambortides y haplargides, en los cuales los materiales son aún más finos. En las áreas regadas por el río Cachi que suman alrededor de 4.415 ha, la aplicación del agua se realiza a una altura sobre el nivel del mar de 2.000 m hacia arriba, con lo cual la evapotranspiración dado el clima frío y húmedo es relativamente baja y la compensación hídrica en consecuencia es acorde a esa demanda. Similar situación se verifica en los Valles Calchaquíes con desarrollo de pequeñas áreas regadas sobre suelos texturalmente de grano grueso dominantes de clases VI y VIII, los cuales presentan severas limitaciones para la agricultura de regadío. El sistema de riego en Cafayate (2.064 ha), y el Consorcio de Riego San Carlos (6.000 ha), se asientan sobre un régimen de precipitación de 300mm con evapotranspiraciones del cultivo de referencia superiores a la precipitación en todos los ciclos de cultivo. Los consorcios Capital y Cerrillos, de 7.040 ha y 24.860 ha, respectivamente, así como el General Güemes, de 14.000 ha, presentan tomas rudimentarias que en algunos casos abastecen a sus respectivas áreas regadas.

Sobre los consorcios de riego Orán y Colonia Santa Rosa, con 48.331 y 6.486 ha empadronadas, se encuentran algunas dificultades de afectación por salinidad de los suelos a partir de la aplicación de agua de riego. Del mismo modo en el Consorcio Apolinario Saravia, con unas 2.750 ha empadronadas aparece la mayoría de las afectaciones por salinidad. Finalmente el Consorcio Joaquín V. González, administrado por la actividad privada sobre el río Juramento, no registra referencias degradatorias por salinidad.

Las aguas de riego en los consorcios Santa Rosa y Apolinario Sanabria, varían alrededor de 1 dS.m⁻¹, con valores de RAS relativamente altos del orden de 15-16 unidades y con suelos de textura más fina, en algunos casos adicionado a niveles freáticos de 1.5 m de profundidad de CE 1.70-2.70 dS.m⁻¹.

En Jujuy la aplicación del agua se realiza mediante gravitación en pequeñas superficies y en medianas a grandes superficies, mientras que una buena porción se riega mediante aspersión y goteo. Salvo en el primer caso de la aplicación por gravedad, la aplicación presurizada disminuye el desarrollo de la problemática de salinidad y/o sodicidad, coexistiendo ambos métodos de aplicación de agua tanto en los Valles como en el Ramal. En función de la topografía accidentada, las obras de captación de agua juegan un pa-

pel preponderante en la generación de espacios de riego, pero debido a la naturaleza de los suelos, calidad del agua y profundidad de la freática, no se registran importantes afectaciones salinas. En Jujuy la superficie efectivamente regada es de 124.970 ha, de las cuales 17.069 son salinas, 2.037 sódicas y 2.500 son de riego presurizado, registrándose una afectación salino-sódica de aproximadamente 12%.

Los procesos degradatorios por salinidad en la provincia de Tucumán, se encuentran localizados en la llamada Llanura Aluvial, deprimida con procesos de salinización naturales por halomorfismo y razones antrópicas que conducen a la presencia de una freática cercana a la superficie fluctuante de composición bicarbonatada sódica y a escasa profundidad. Según el estudio INTA, el área regada alcanzaba 140.000ha con más del 50% con algún grado de afectación por salinidad.

La provincia de Santiago del Estero presenta en su área de riego de Río Dulce una superficie máxima de 120.000ha, con una zona efectiva de riego de 88.000ha, mostrando un proceso de afectación salina en los campos regados, por elevación del plano freático y la misma razón en los no regados por exfiltración debido al ascenso capilar. El agua de riego posee una CE promedio de 0.8 dS.m⁻¹ y la de drenaje 9.4 dS.m⁻¹. La profundidad de la freática promedio se mantiene entre 1 y 2.0 m de profundidad. El sobreriego y en algunos casos la escasa infiltración y drenabilidad de los suelos, son la causa principal de la salinización.

En la provincia de Catamarca la cuenca del río Del Valle es la principal fuente de agua para riego y consumo. La calidad de la misma se presenta como de excelencia para ambos propósitos, variando su CE de 0.12 a 0.4 dS.m⁻¹ y con niveles de RAS cercanos a 2 en promedio con pH no superiores a 7.5, clasificando las mismas en la categoría C1S1 para el standard de Riverside. La fuerte expansión del riego presurizado, ha disminuido aún más el riesgo de deterioro salino-sódico en los suelos. Catamarca riega alrededor de un 40% por gravedad y el 60 % por métodos presurizados, por lo que en virtud de la calidad del agua na, ha habido un desarrollo de procesos de deterioro por salinidad o sodicidad.

Cuadro N°14. Regiones regadas y afectadas en Argentina

REGIÓN	Sup. Efect. Regada (ha)	Afectadas (ha)	Afectación (%)
Jujuy	117.299.3	12347	10.5
Salta	118.98	8937	7.5
Catamarca	61847	13134	21.23
Tucumán	108484.1	10438	9.6
Sgo. del Estero	88000	10000	11.3
Total Región NOA	494.528.36	5.4856	11.0
Mendoza	276324	73213	26.4
La Rioja	51738	5300	10.2
San Juan	95704	53830	56.2
San Luis	76437	9580	12.5
Total Región CUYO	500.203	141.923	28.3
Río Negro	79320	22500	28.3
Neuquén	14600	4380	30.0
Chubut	26050	17749	68.1
Santa Cruz	500	-	-
La Pampa	4600	460	10.0
Total Región PATAGÓNICA	125.070	45.089	36.0
Córdoba	102000	17710	17.3
Santa Fe	62508	6000	9.5
Corrientes	78500	7850	10.0
Entre Ríos	69000	10350	15.0
Buenos Aires	317720	128560	40.4
Total Región Pampeana +NEA	629.723	170.470	27.0
TOTAL PAÍS	1.749.524,3	412.338	23.5

En resumen, de las 412.338 ha que muestran niveles efectivos de afectación en Argentina, 170.470 ha corresponden a la región pampeana y NEA (el resto a las áreas bajo riego de regiones áridas o semiáridas). Además, el 41.3% de la superficie afectada, está vinculada a procesos de sodificación y el 58.7% a procesos puros de salinización o sinérgicos de salinización y sodificación.

El drenaje en sus versiones a cielo abierto y entubado, la adecuación del tiempo de avance del riego gravitacional y las enmiendas y el ajuste de láminas en riego presurizado, aparecen como herramientas para recuperar el 20% de la superficie comprometida.

Capítulo II

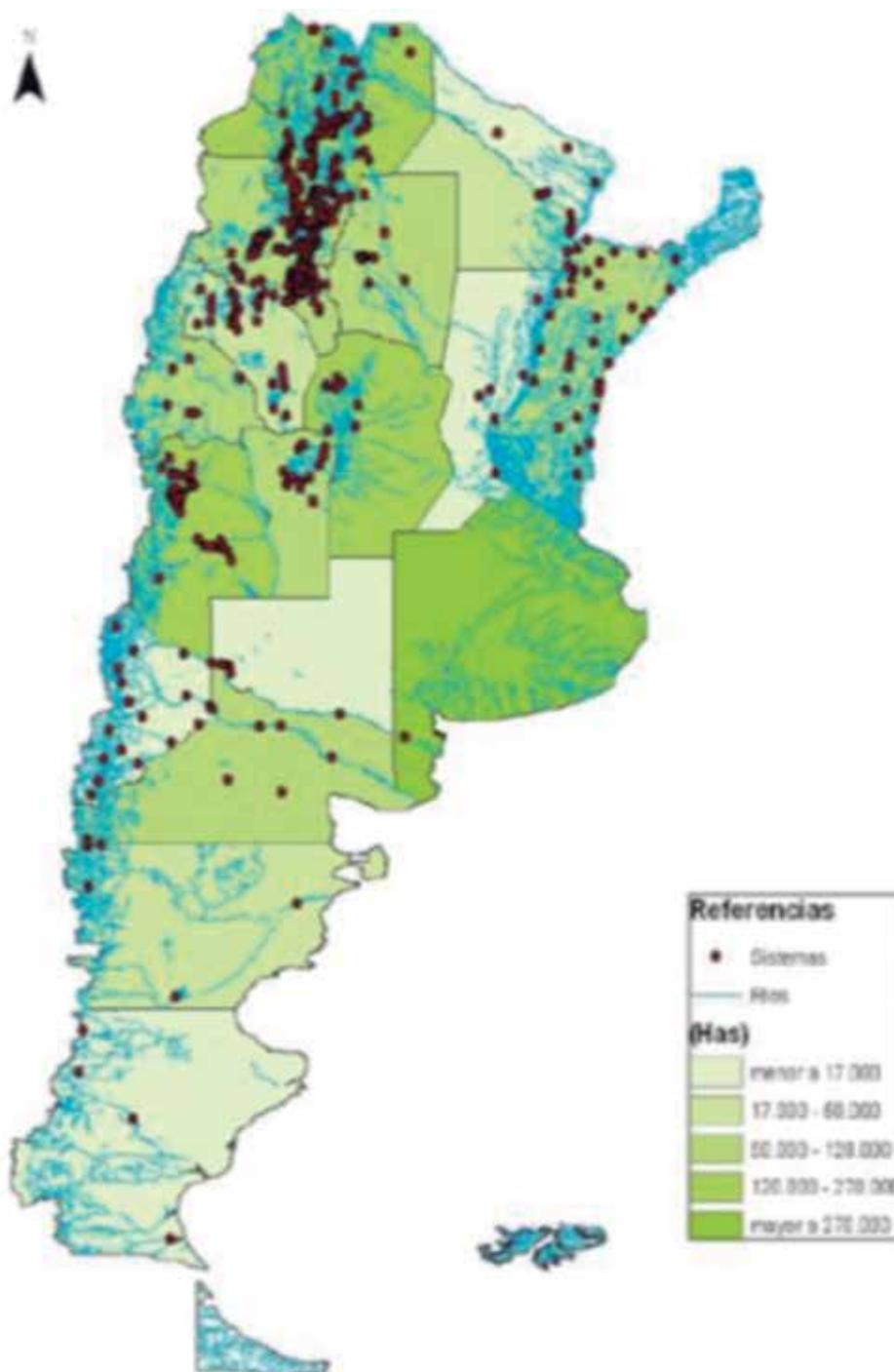
ÁREAS DE RIEGO EXISTENTE

Para conocer el potencial de ampliación de las áreas existentes, se realizó en primera instancia un relevamiento de los sistemas, eficiencias y cultivos actualmente en producción, a partir de la cual se estimó el agua utilizada por la agricultura irrigada a través de las distintas fuentes. Posteriormente se realizaron análisis de costos de inversión necesarios para mejorar las infraestructuras, y una evaluación de los ahorros y beneficios asociados a las inversiones. Además, se hizo una evaluación económica y un análisis de sensibilidad.

A. Relevamiento de Áreas Existentes

En primer lugar, fueron relevados los sistemas de riego existentes en cada provincia, abarcando: Caracterización General de los Sistemas Actuales, Análisis Institucional y Legal, Caracterización Productiva, Caracterización Hídrica e Infraestructura Existente (ver Anexo 1).

Cuadro Nº15. Caracterización de Sistemas Existentes



La información relevada, siguió un proceso de validación por parte de distintos actores institucionales provinciales, llevando adelante una tarea interdisciplinaria, con aportes y consultas a referentes calificados.

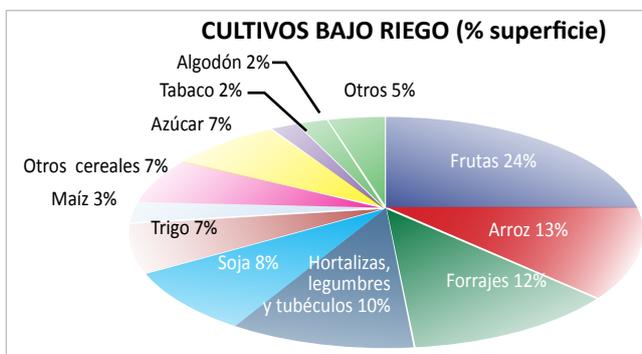
El relevamiento concluye que: en la actualidad, la superficie en producción bajo riego, alcanza un total de 2,1 millones de ha, que representa un consumo anual aproximado de 44.213 Hm³. Esta cifra corresponde a un 5% de la superficie total cultivada en el país. El 65% de los 2,1 millones de hectareas, se riega a partir de fuentes superficiales, y el resto con agua subterránea.

En la figura siguiente, puede observarse la distribución de superficie irrigada por provincia y por fuente hídrica (superficial o subterránea).

En la figura siguiente, puede observarse la distribución de superficie irrigada por provincia y por fuente hídrica (superficial o subterránea).

Para todas las provincias argentinas, se hizo un relevamiento detallado de los modelos productivos existentes, determinando en cada caso la célula de cultivo correspondiente. A nivel nacional se observa que los cultivos con mayor participación son los frutales con un 24%, seguido de arroz y forrajes con un 13% y 12% respectivamente (ver Anexo 1).

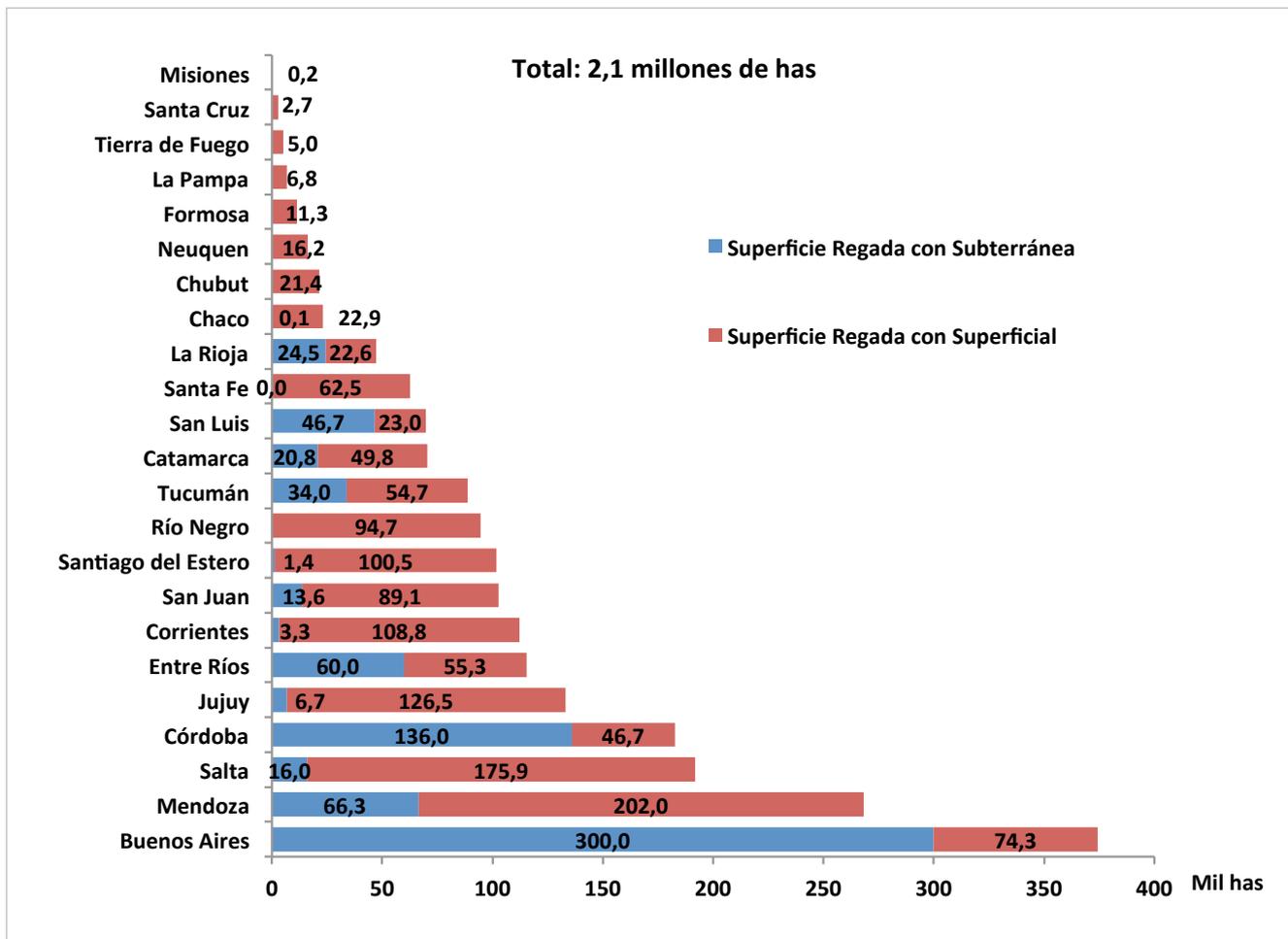
Cuadro N°17. Distribución de cultivos



Considerando las células de cultivo de cada sistema, sus rendimientos y los precios y costos al productor (*), se obtuvo como resultado un valor bruto de producción de U\$D 5.670 millones.

(* Se consideran costos a pie de finca para todos los cultivos excepto para los cereales que incluyen los costos de transporte.

Cuadro N°16. Superficies bajo riego por provincias (1.000 ha)

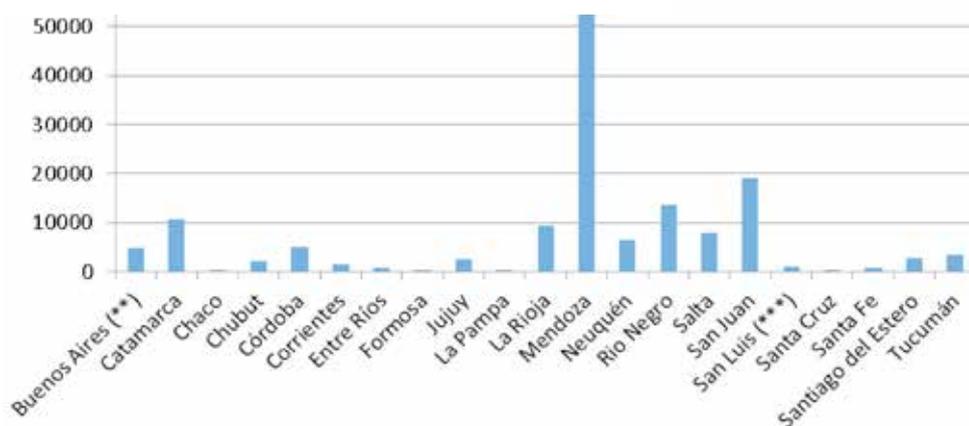


Del relevamiento surge que el número total de regantes sería de aproximadamente unos 145.250.

Cuadro Nº 18. Distribución de regantes en Argentina

Distribución de regantes en Argentina	
	Nº de Regantes
Buenos Aires (estimado)	4.858
Catamarca	10.665
Chaco	298
Chubut	2.135
Córdoba	5.158
Corrientes	1.455
Entre Ríos	709
Formosa	51
Jujuy	2.594
La Pampa	89
La Rioja	9.259
Mendoza	52.792
Neuquén	6.421
Rio Negro	13.683
Salta	8.054
San Juan	18.979
San Luis (estimado)	1.067
Santa Cruz	36
Santa Fe	811
Santiago del Estero	2.751
Tucumán	3.385
TOTAL	145.250

Cuadro Nº 19. Áreas existentes: Regantes por provincia



B. Análisis de Inversión en Infraestructuras

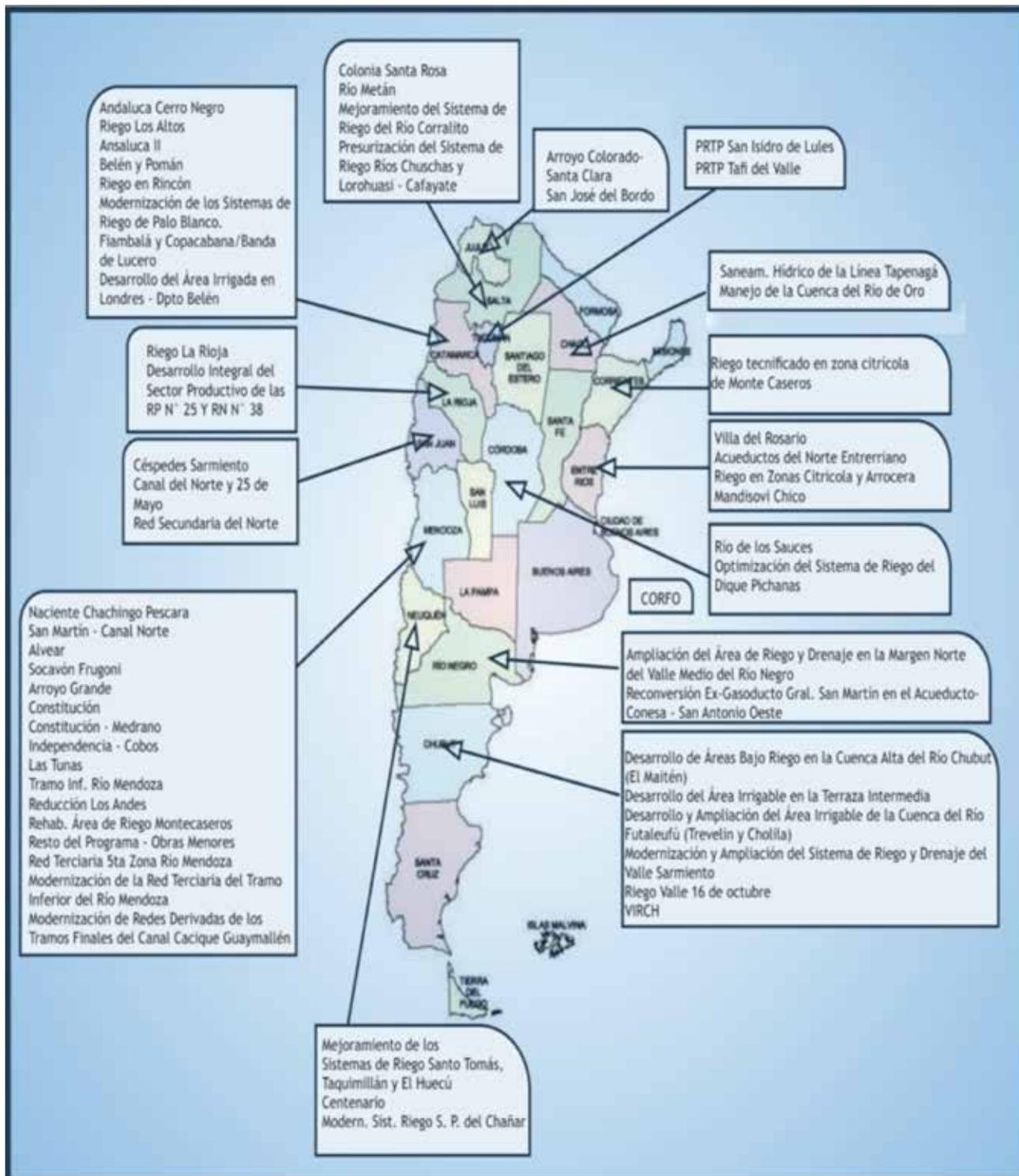
Para el análisis de la situación de la infraestructura actual y la realización de propuestas de inversiones en zonas de riego existentes relacionadas con el sistema colectivo o fuera de parcela, se realizó un estudio de los subproyectos preparados y/o implementados por el PROSAP, considerando el principal instrumento de inversiones productivas del Ministerio de Agricultura. El PROSAP cuenta con una extensa y detallada base informativa, especialmente en lo que refiere a riego y drenaje (ver detalle en Anexo

y Figura siguiente, donde se indican los proyectos y sistemas analizados).

A partir del estudio detallado de los proyectos PROSAP, se analizaron alcances y características de las inversiones con los beneficios asociados, y se identificaron montos de inversión característicos por sistemas, que permitieron asegurar condiciones de viabilidad económica en cada subproyecto.

En base al conocimiento de los sistemas, además del estado y características de la infraestructura existente, se determinó una metodología de cálculo del costo de la infraestructura colectiva de riego por provincia.

Cuadro N°20. Proyectos de PROSAP analizados.



Nivel Colectivo

Se plantearon las intervenciones necesarias en cada sistema analizando las mejoras necesarias y posibles de eficiencias de captación y/ o transporte). Siguiendo los criterios mencionados, para cada sistema de riego por provincia, se obtuvieron los siguientes indicadores y parámetros:

- 1. Superficie total regada:** surgió a partir del relevamiento de información realizado en el marco del acuerdo.
- 2. Ubicación cartográfica del sistema:** con ayuda de Google Earth, se ubicó la zona regada, dentro de cada provincia.
- 3. Tipología de canales:** se definieron cinco tipologías de canales, en función de la superficie que abastece cada uno.

Cuadro Nº21. Tipología de canales para realizar análisis

Tipo de Canal	Denominación	Has	
I	Primario	> 40.000	
II	Secundario	15.000	40.000
III	Terciario	7.000	15.000
IV	Cuaternario	1.000	7.000
V	Comunero	0	1.000

- 4. Longitud del tramo intervenido, m/ha:** a partir de los subproyectos de PROSAP en cada zona y del conocimiento local de los consultores.

Cuadro Nº22. Parámetro de longitud intervenida por regiones

Tipo de Canal	has		NOA m/ha	Centro Sur m/ha	Patagonia m/ha
I	> 40.000		0,65	1,65	1,65
II	15.000	40.000	0.88	1.02	1.02
III	7.000	15.000	0.98	1.35	1.35
IV	1.000	7.000	5.31	5.01	5.01
V	0	1.000	16.24	13.1	13.1

Cuadro Nº23. Parámetro de costo por regiones

Tipo de Canal	has		NOA m/ha U\$\$/ha/km/pm	Centro Sur U\$\$/ha/km/pm	Patagonia U\$\$/ha/km/pm	Captación U\$\$/ha/km/pm
I	> 40.000		3	4	4	
II	15.000	40.000	5	5	5	
III	7.000	15.000	18	10	10	310
IV	1.000	7.000	64	54	89	430
V	0	1.000	246	110	135	660

- 5. Pendiente, m/m:** se determinó a través de información existente en el terreno y procesamiento de las imágenes satelitales.
- 6. Caudal:** el caudal de diseño para el cálculo de la infraestructura, se adoptó en 1,00 l/s por hectárea, en todo tipo de canales (en provincias que utilizan otros caudales por ley o diseño, se aplican los correspondientes).
- 7. Geometría del canal:** se asumió para el cálculo una sección rectangular, cuya altura del canal es la mitad de su base.
- 8. Dimensionamiento hidráulico:** en base a datos anteriores, se determinó el perímetro mojado para cada tipo de canal.
- 9. Parámetro Costo, USD/Km/ha/PM:** se obtuvo con valores de mercado y comparando información de subproyectos formulados por PROSAP. Se tuvieron en cuenta aquellos sistemas con obras de cabecezas, sobre todo los de mayor escala, a diferencia de lo que sucede en sistemas de menor escala.
- 10. Porcentaje de intervención:** para alcanzar mejores Indicadores de Desempeño (eficiencias) en conducción y distribución, se consideró una inversión en revestimiento de los canales tipo I, II y III del orden del 100 %; mientras en los de tipo IV, el porcentaje considerado fue de 40 %; y no se consideró inversión, en los canales de tipo V.
- 11. Coeficiente telescópico:** para considerar las reducciones de caudal por entregas durante el recorrido, se tomó un coeficiente denominado telescópico.

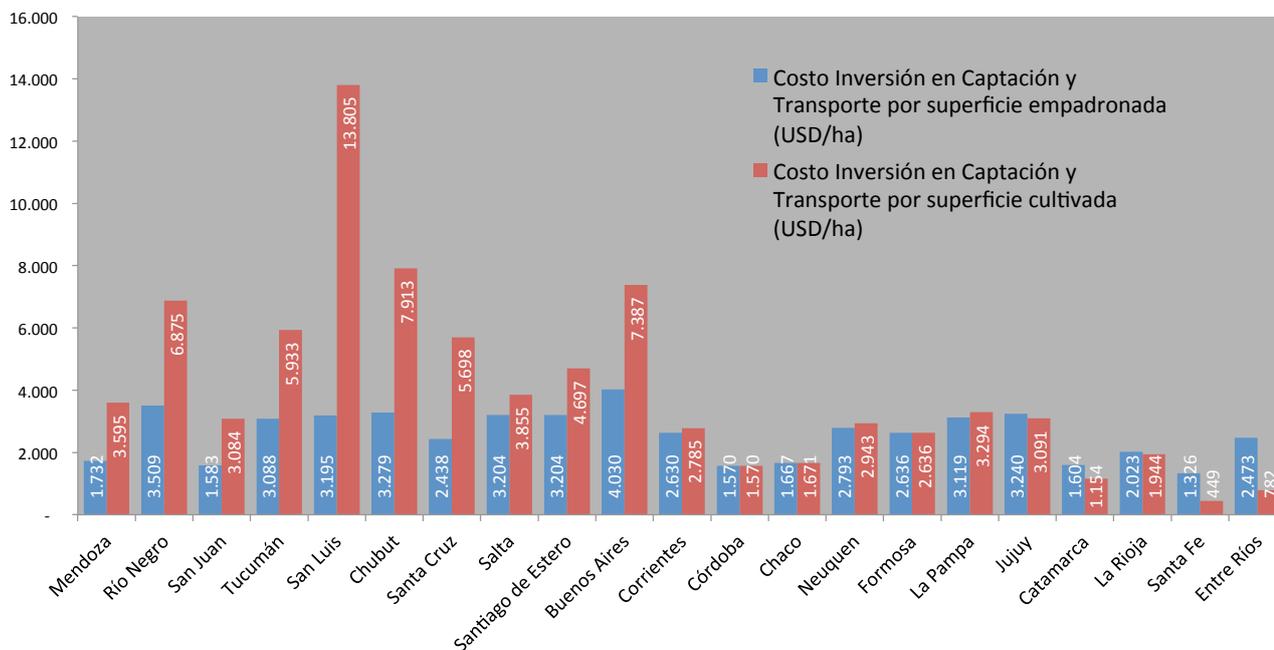
Cuadro Nº24. Coeficientes telescópicos aplicados.

Reducción Telescópica		
mts		%
> 30.000		50
7.000	30.000	60
3.000	7.000	70
0	3.000	100

- 12. Costo total por ha de cada tipología de canales (USD/ha):** se obtuvo en base a la longitud, los parámetros de costos determinados y el perímetro mojado de cada tipología de canal.
- 13. Costo total del sistema (USD):** se determinó a partir del costo de inversión por hectárea y cantidad de hectáreas del sistema.
- 14. Sistemas de drenaje:** se estimó que en base a los bajos Indicadores de Desempeño (eficiencias) de los sistemas, aproximadamente un 20-30% de la superficie irrigada puede presentar problemas, en relación con los niveles freáticos altos o salinidad (los costos asociados a estas intervenciones, surgieron en base al estudio de áreas degradadas y salinas realizado por el INTA).

A partir de estos análisis, se obtuvo el costo por hectárea y el total de inversión, por provincia, siendo la media del país del orden de 2.588 USD/ha empadronada y 4.055 USD/ha cultivada

Cuadro Nº25. Inversión en captación, conducción y distribución (USD/ha).



Nivel Parcelar

Para determinar los costos de inversión parcelar por provincia, se plantearon distintos escenarios, en base a dos criterios principales: (i) nivel de eficiencia intraparcelar final por tipología; y (ii), tipologías de mejoras de riego consideradas, dependiendo del tipo de cultivo.

Para cada provincia se estipuló un escenario probable a futuro, con una eficiencia intraparcelar provincial promedio superior a la actual (50%-55%), asumiendo valores objetivos entre 65% y 75%.

El valor definido para cada provincia, fue aquel que combinado con la eficiencia de conducción colectiva promedio proyectada para esa provincia, logró un valor de eficiencia global objetivo a nivel de provincial de entre el 50% y 60%.

Dicha eficiencia intraparcelar, se determinó a partir de considerar diversos tipos de mejoras en técnicas de riego, con diferente porcentajes de aplicación. Esta proporción depende de la capacidad de absorber tecnologías de riego de cada provincia, la cual se evaluó a través de ciertos indicadores: oferta del recurso, relación de agricultura familiar vs. agricultura empresarial, y adaptabilidad de los principales cultivos a mejoras (riego presurizado, etc.). Para cada tipología de mejora, se definió un rango de valores asumibles: el valor asumido dentro de ese rango, surgió en función de los indicadores.

Tipologías de mejoras

• **Sin mejoras:** se consideró entre un 10% y un 30% de superficie, manteniendo una eficiencia intraparcelar promedio del 50% (ver Anexo 1).

• **Con mejoras:** se tuvo en cuenta que un 70 a 90% de productores, realiza mejora en sus sistemas, distribuidos entre los siguientes tipos:

• **Riego por Gravedad Mejorado:** eficiencia propuesta del 65%. Las mejoras propuestas contemplan movimientos livianos de suelo en cultivos implantados o no, mejoras de bordos y acequias para evitar fugas y contar con un terreno óptimo para regadío, con compuertas derivadoras en reemplazo de tapones de tierra, y derivación de caudal a surcos de riego por medio de sifones plásticos, a fin de controlar dichos derivados. Costo de la mejora (U\$S/ha): 389 (ver Anexo 1).

• **Riego por Gravedad Tecnificado:** eficiencia propuesta 75%. El rango de implementación considerado, varía entre 5 y 25% de los casos, influenciado por el indicador específico (Adaptabilidad de los principales cultivos a Gravedad Tecnificada). Las mejoras propuestas contemplan riego por pulsos en un 40% de los casos, y en el 60% restante, un sistema más económico, similar al de pulsos pero sin la válvula pulsadora y reemplazando las tuberías de PVC con ventanas, por mangas flexibles de PE con ventanas. Costo de la mejora (U\$S/ha): 1.265.

• **Riego Presurizado:** eficiencia propuesta del 87%. El rango de implementación considerado, oscila entre 10 y 30%. Costos de mejoras (U\$S/ha): goteo hortícola integral, 3.563; hortícola complementario, 2.603; frutivíticola, 2.920; olivo-nogal, 2.175; cítricos, 2.325; subterráneo industrial, 4.113; aspersión pívot, 2.776.

Cuadro Nº26. Aspectos relativos a absorción tecnológica

PROVINCIA	Oferta Recurso	Agricultura familiar/Agricultura empresarial	Aceptabilidad de principales cultivos a Gravedad Tecnificada	Aceptabilidad de principales cultivos a Presurización
MENDOZA	Baja	Media	Media	Alta

Cuadro Nº27. Escenario de absorción tecnológica (% superficie)

	% técnicas de Riego			
	s/Mejoras	Gravedad Mejorado	Gravedad Tecnificado	Presurizado
Mendoza	15 %	45 %	15 %	25 %
Eficiencia de Método de Riego	50%	65 %	75 %	87 %

Para la determinación de costos de los distintos modelos, se utilizó una metodología basada en el costo unitario de cada componente por el volumen requerido en cada caso (ver Anexo).

Cuadro Nº28. Esquema de determinación de costos

Cultivo	Tipo de Riego	Eficiencia a Alcanzar	Costo (USD/ha)
Granos	Pivot	80%	2,776
Forrajero	Pivot	80%	2,776
Industriales	Goteo subt.	90%	4,113
Hortícola	Goteo cinta.	90%	3,563
Hortícola suplementario	Goteo cinta.	90%	2,603
Fruti-víticola	Goteo	90%	2,920
Olivo-nogal	Goteo	90%	2,175
Cítrico-banano	Goteo	90%	2,325
Otros	-	90%	-
Granos	Pivot	80%	2,776

× **Célula de Cultivo por Provincia** **×** **Rango de Aplicación de tecnología según escenario**

Ejemplo Mendoza.-
Gravedad mejorada 45%
Gravedad tecnificada 15%
Riego presurizado 25%

↓

Inversión Total por Provincia

De acuerdo a los criterios anteriores, cada nivel de eficiencia y combinación de tipos de mejoras, se considera por provincia en base a diversos niveles de inversión, ahorros de agua, potencial de expansión en superficie cultivable, incrementos en los rendimientos por mejora en el riego,

a partir de la incorporación de tecnología (ver Anexo 1).

Se muestran a modo de ejemplo, los cálculos de costos y beneficios considerados para la provincia de Mendoza.

Cuadro N°29. Resultados de inversión parcelar Mendoza

Provincia Mendoza				SUPERF. expand. (ha)	COSTO U\$S/ha expand.	DEMANDA m3/ha /año	COSTO U\$S /ha interv	COSTO U\$S/ha TOTAL					
				75,290	2,857	8,400	1,253	1,065					
				Mendoza									
EFICIENCIA PARCELARIA	SISTEMA DE RIEGO	EFICIENCIA DE SISTEMA (%)	INVERSION (U\$S/ha)	EFICIENCIA (%)	SUPERFICIE CULTIVADA C/AGUA SUP. (ha)	SUP./ TIPO DE RIEGO (ha)	SUP./ TIPO DE RIEGO (%)	INVERSIÓN (MM U\$S)	AGUA AHORRADA (hm³/AÑO)	Δ PRODUC. 1	Δ PRODUC. 2		
					202,004			215.1	897.86	31%			
SIN PROYECTO				55%	202,004	202,004							
							100%						
CON PROYECTO				70%			100%						
riego gravedad mejorado	Superf.		389	65%		90,902	45%	35.4	352.42				
riego gravedad tecnificado	Superf.		1,265	75%		30,301	15%	38.3	169.68				
sin mejoras	Superf.		-	50%		30,301	15%	-	-				
riego presurizado				90%		50,501	25%	141.4	375.76	25%	64%		
media ponderada rindes													
granos	Pivot	80%	2,776		-	-	0%	-		0%	0%		
forrajero	Pivot	80%	2,776		5,046	1,262	2%	3.5		30%	90%		
Industriales	Goteo subt.	90%	4,113		-	-	0%	-		0%	0%		
horticola	Goteo cinta.	90%	3,563		22,709	5,677	11%	20.2		44%	113%		
horticola suplementario	Goteo cinta.	90%	2,603		-	-	0%	-		44%	113%		
fruti-viticola	Goteo	90%	2,920		148,435	37,109	73%	108.4		21%	53%		
olivo-nogal	Goteo	90%	2,175		17,163	4,291	8%	9.3		42%	122%		
citrico-banano	Goteo	90%	2,325		-	-	0%	-		0%	0%		
otros		90%	-		8,651	2,163	4%	-					

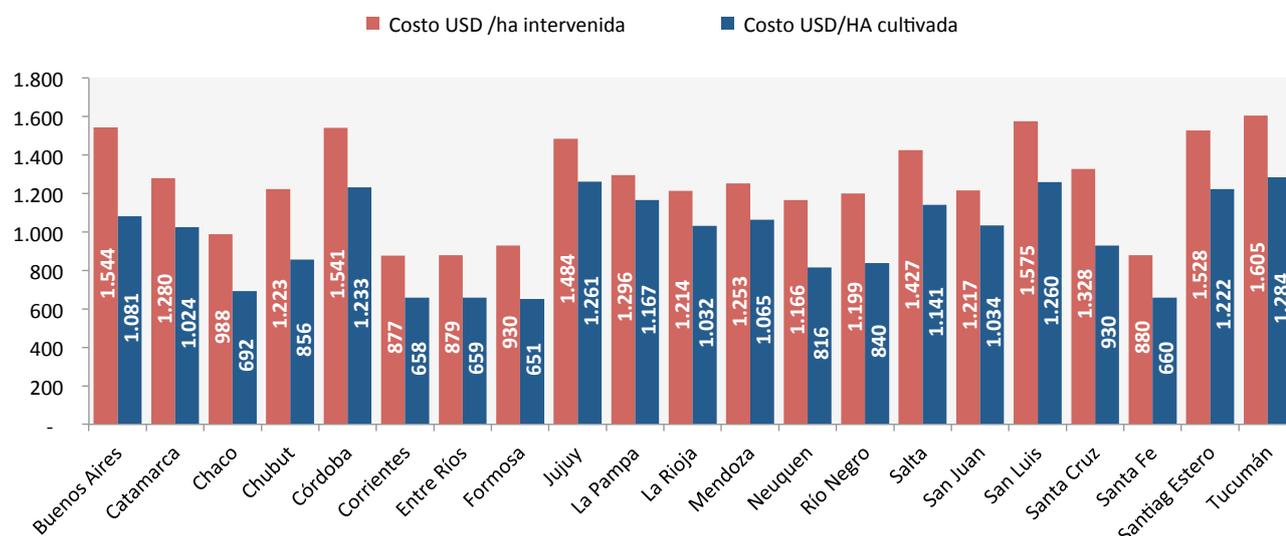
Los distintos escenarios se resumen en las siguientes conclusiones generales:

- El total de superficie a mejorar con sistemas presurizados, se dividió por cultivos, en base a su porcentaje actual en el área cultivada provincial.
- La superficie expandida corresponde a las hectáreas irrigables con el agua ahorrada.
- El costo por ha expandida, expresa el costo relativo de acceder a esa expansión (es el cociente entre la inversión y la superficie expandida).
- El costo por ha intervenida, es el cociente entre la inversión y la superficie cultivada

- El costo por ha total, es el cociente entre la inversión y la suma de la superficie cultivada, más la superficie expandida.

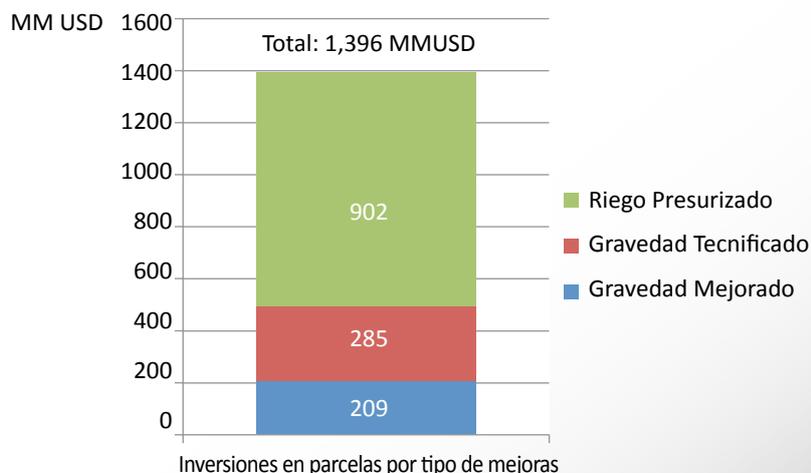
En el Cuadro siguiente, se observan las inversiones parcelares económicamente viables. Las inversiones ponderadas a nivel parcelar son del orden de 979 USD/ha cultivada y de 1259 USD / ha intervenida.

Cuadro N°30. Inversiones parcelares por provincia



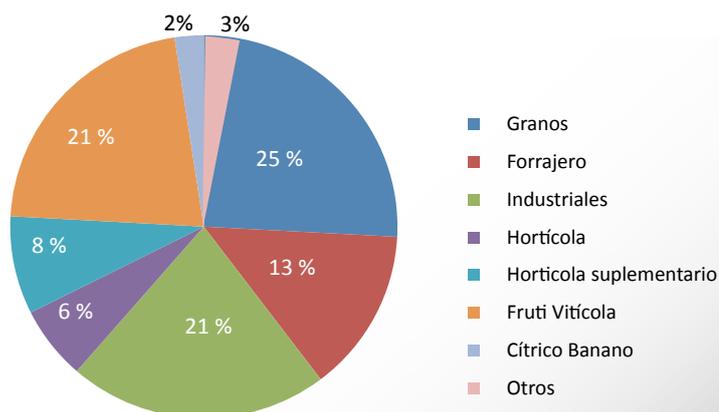
Las inversiones parcelares con mayor peso, son las mejoras en riego presurizado, representando 902 millones de USD del total (65%). Las mejoras en gravedad tecnificado, representan el 20%, y el 15% restante son en gravedad mejorada.

Cuadro N°31. Inversiones en parcelas por mejoras (Millones USD)



En cuanto a inversiones parcelares por cultivos, los rubros de granos, industriales y frutivícola, representan el 75% de totales propuestos.

Cuadro N°32. Inversiones en riego presurizado por cultivo



C. Beneficios asociados a las inversiones

Los beneficios asociados a las inversiones, se evaluaron a partir de considerar:

- Ahorros de agua generados por mejoras de eficiencia en uso del recurso.
- Mejoras de productividad generadas por la aplicación de tecnología.

Las mejoras de los Indicadores de Desempeño (eficiencias), se evaluaron tanto para el sistema colectivo como en mejoras de tecnificación parcelar. En ambos casos, se consideraron los impactos del cambio climático en escenarios futuros.

Como resultado de las mejoras de eficiencia, el ahorro de agua se transforma en: aumento de productividad, aumento de superficie bajo riego, e incremento de resiliencia en sistemas (ante impactos del cambio climático).

Cabe destacar que no han sido valorados otros beneficios “intangibles” al riego, tales como:

“**Confortabilidad**”: al no depender de un horario incómodo (nocturno, festivo, etc.)

“**Oportunidad**”: al no depender de un calendario rígido (turno de riego)

“**Versatilidad**”: al poder introducir nuevos cultivos con garantía de suministro

“**Manejabilidad**”: al posibilitar automatizar el anejo del riego en parcela

Los incrementos de productividad (“rendimientos de cultivos”), considerados por la tecnificación del riego parcelar, varían según el modelo productivo y la tecnificación del riego propuesta. En la Tabla siguiente se puede observar los incrementos de producción, para modelos productivos por provincia.

Cuadro N°33. Incremento producción media por provincia

Buenos Aires	Catamarca	Chaco	Chubut	Córdoba	Corrientes	Entre Ríos
58%	54%	22%	27%	41%	24%	22%
Formosa	Jujuy	La Pampa	La Rioja	Mendoza	Neuquén	Río Negro
24%	41%	47%	49%	31%	20%	22%
Salta	San Juan	San Luis	Santa Cruz	Santa Fe	Santiago del Estero	Tucumán
49%	28%	57%	32%	26%	27%	40%

En los incrementos de producción, se consideró que en la situación sin proyecto, si bien la eficiencia es baja, no hay efecto de escasez de agua que impacte a los rendimientos. La media estimada del incremento de producción con proyecto es de 35%.

En la situación con proyecto, los incrementales de rendimiento se deben a mejoras en la uniformidad de riego expresada como uniformidad del cultivo.

En los casos de riego presurizado, los incrementales son

considerados suponiendo la incorporación de un paquete tecnológico paralelo al sistema.

Se muestra como ejemplo Mendoza, la distribución de cultivos irrigados con aguas superficiales, agrupados en conjuntos afines por condiciones de riego.

Para cada uno de los principales cultivos de Mendoza, se exponen rendimientos actuales y rendimientos potenciales, en condiciones de riego por Gravedad Mejorada y Presurizado. Para Gravedad Tecnificada, se consideraron los mismos rendimientos que en Riego Presurizado.

Cuadro N°34. Superficie cultivada agrupada (ha)

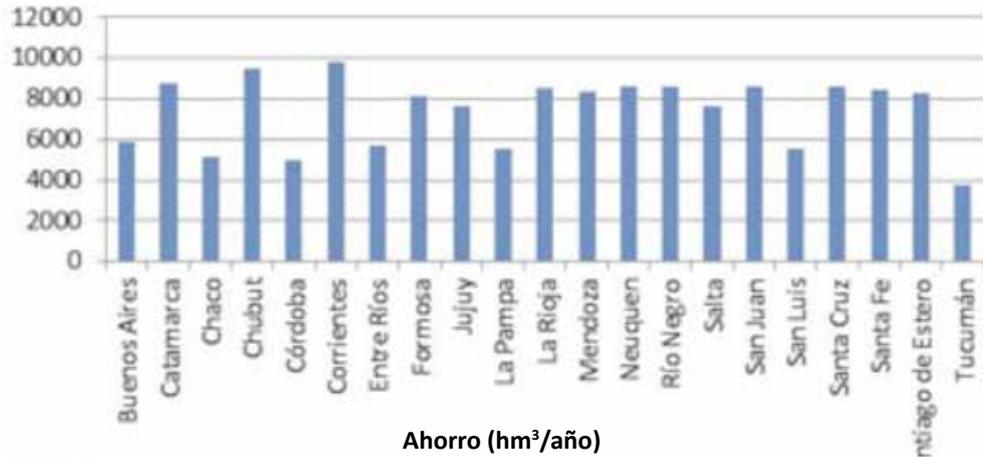
	SUP. CULTIVADA SUPERF.	GRANO (grusa, fina, legum.)	PASTURAS	INDUSTRIALES	HORTÍCOLA	HORTÍ-SUPLEM.	FRUTIE VITICOLA	OLIVOE NOGAL	FRUTIC TROPIC.	OTROS
Mendoza	202.004,00	0	5605	0	29893	0	139748	17791	0	8968

Cuadro N°35. Potencial incremental de rendimientos en cultivos

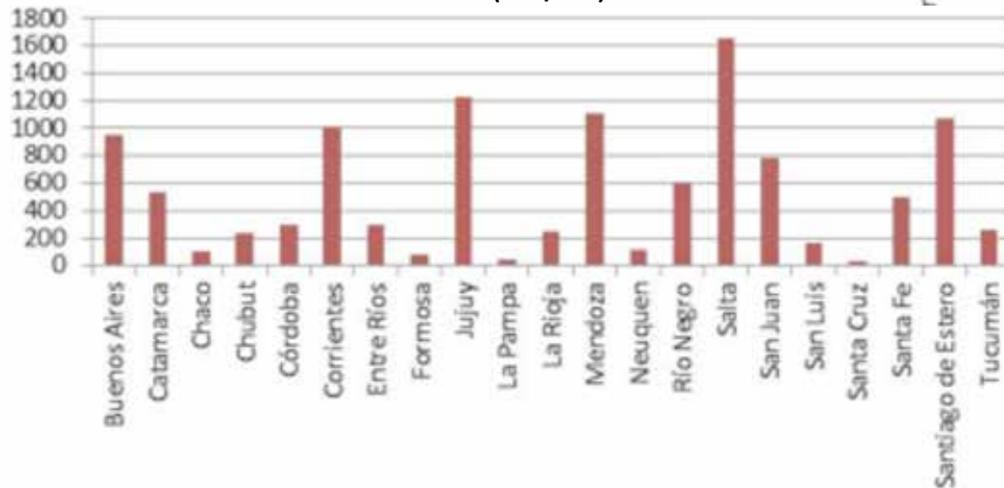
GRUPO DE CULTIVOS	CULTIVO	RINDE POTENCIAL GRAVEDAD MEJORADA (tn/ha)	RINDE POTENCIAL RIEGO ACTUAL PRESURIZ. (tn/ha)	RINDE (tn/ha)
Frutitivínicola	CAROZO	24	36	21
	CEREZA-OTRO CAROZO	12	15	11
	PEPITA	35	45	28
	VID MIX	16	20	13
	VID FINAS			
Olivo-Nogal	NOGAL	2	3,5	1,2
	OLIVO	9	12	8
Hortícolas	FRUTILLA			
	TOMATE	55	90	45
	BATATA			
	HORTÍCOLAS VARIOS	15	20	10
Industrial	CAÑA			
	ALGODÓN			
Pastura	ALFA-PASTURAS	14	20	10
Cítricos	CITRUS DULCES			
	LIMÓN			
Granos	LEGUM			
	MAIZ			
	SOJA			
	CEREALES			
	ARROZ			

Con las inversiones realizadas en proyectos de infraestructura de riego, se espera conseguir una eficiencia global del orden de 60%, considerando las demandas por provincia y aplicando el indicador de déficit de irrigación (podría lograrse un ahorro aproximado de 11.329 hm³/año), que equivale a un 38% del volumen actualmente utilizado a partir de las fuentes superficiales, (30.065 Hm³)

Cuadro N°36. Demandas medias de cultivos y ahorro de agua
Demanda (hm³/ha)



Ahorro (hm³/año)



El potencial del área varía en un rango entre 800 a 561 mil hectáreas, potencialmente ampliable en función los escenarios climáticos y de disponibilidad considerados.

En el primer escenario (800 mil ha), se presenta el resultado considerando que existe un aumento de las necesidades de riego de los cultivos, debido al incremento de temperatura estimado por los modelos de cambio climático.

En el segundo caso (561 mil ha), se consideraron futuros escenarios de escasez, estimando disminuciones de los caudales en base a modelos de predicción. En este escenario, se prevé satisfacer la demanda incrementada por mayores temperaturas de la superficie actualmente irrigada, más la ampliación factible ante eventos de escasez. Este cálculo se realizó en base al indicador de déficit de irrigación del Banco Mundial.

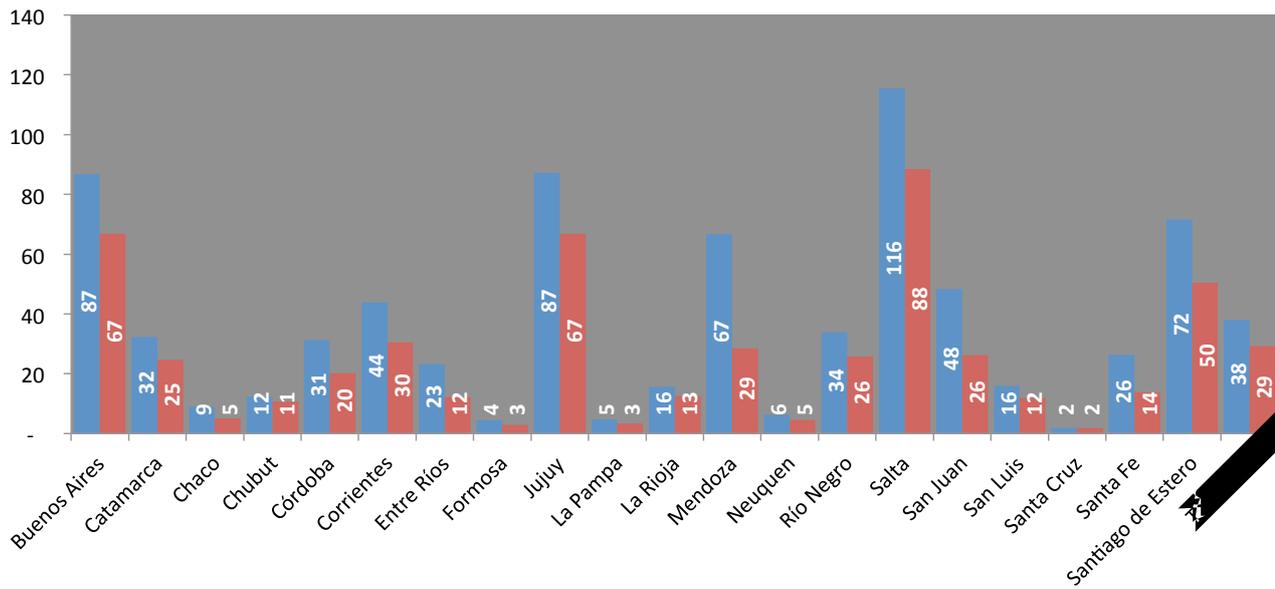
Cuadro N°37. Potencial de área en función del escenario (mil ha)

Superficie a incrementar Escenario 1	Superficie a Incrementar Escenario 2
800	561

Sobre la base anterior, se concluyó que con las inversiones propuestas resultaría factible alcanzar una ampliación de 800.000 hectáreas, de las cuales 561.000 contarían con una garantía adecuada de satisfacción de la demanda, inclusive ante eventos de escasez. Esto significa que la superficie total alcanzaría hasta 2.880.000 ha (2.641.000 hectáreas darían satisfacción a su demanda, inclusive ante incidentes extremos; mientras que la diferencia de 239.000 ha adicionales, podría ser atendida en condiciones medias de disponibilidad hídrica).

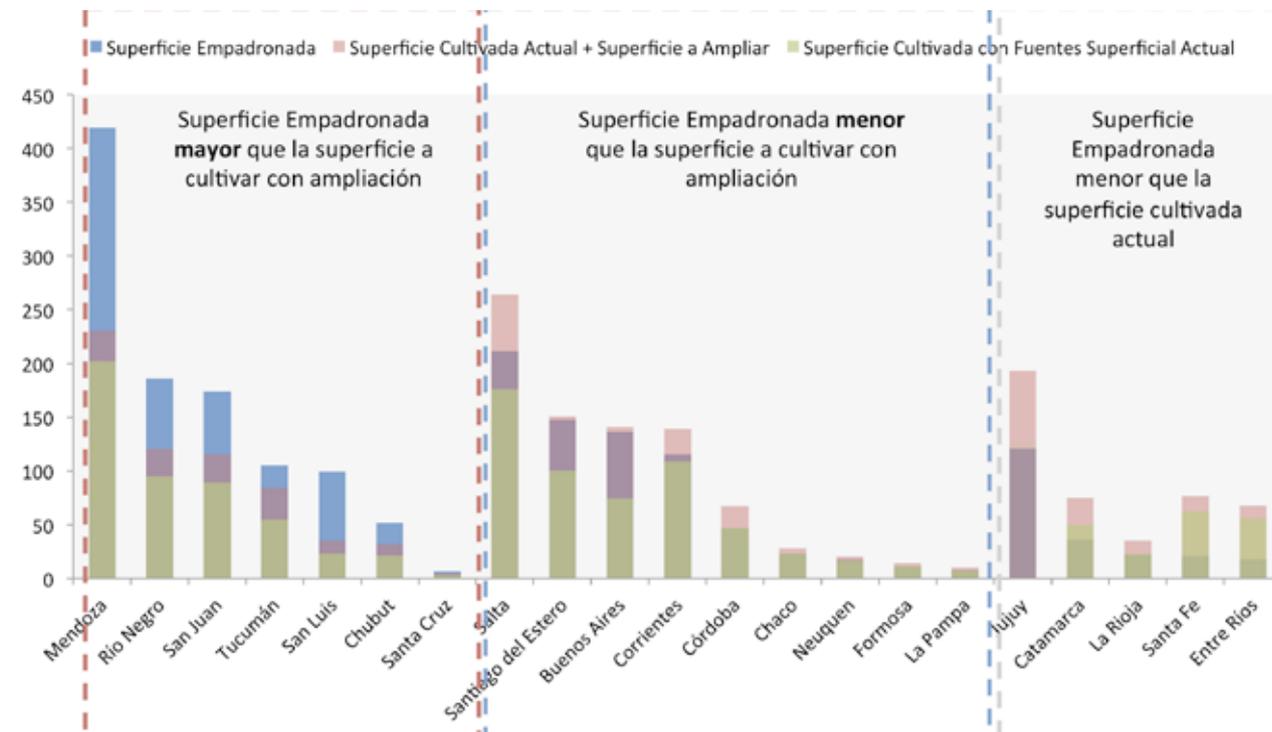
En los análisis siguientes, se consideraron aquellos resultados obtenidos en el escenario 2, con la intención de que las ampliaciones previstas y evaluadas mediante las inversiones propuestas, garanticen de modo conservador condiciones adecuadas para satisfacer la demanda en escenarios futuros (tanto de la superficie actual existente, como de la demanda adicional de la ampliación propuesta y la del crecimiento estimado de otros usos).

Se grafica por provincia el potencial del área a ampliar, en áreas existentes, de acuerdo a los escenarios anteriores.



En el gráfico siguiente se puede observar los resultados de potencial de ampliación por provincia comparados con la superficie cultivada y empadronada actual.

Cuadro N°40. Gráficos superficies empadronadas y a ampliar



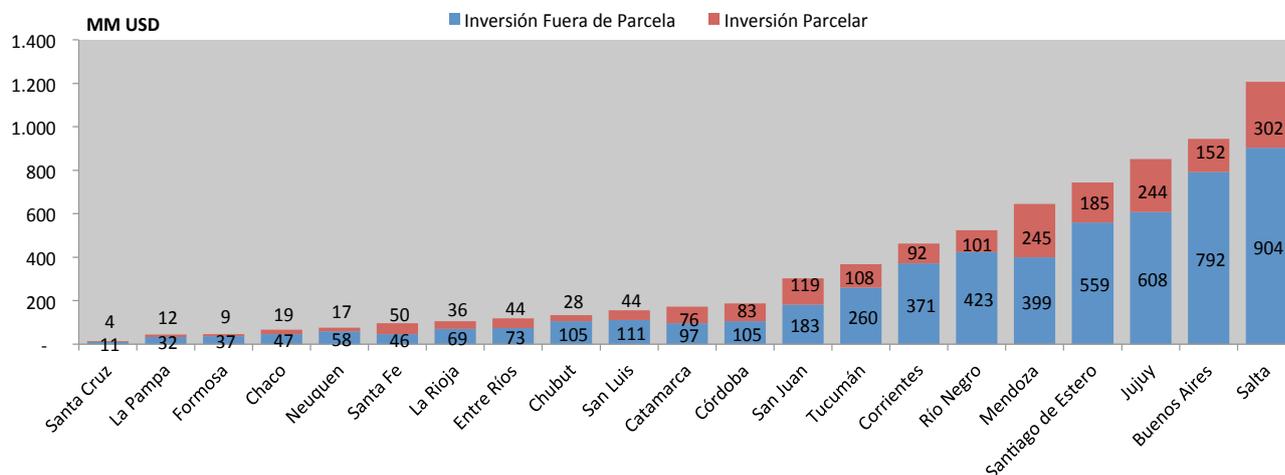
Lo anterior tiene diversas implicaciones para su implementación desde distintas connotaciones, tanto técnico, como económico y legal.

Con relación al punto de vista económico, para determinar las inversiones requeridas, es necesario considerar montos de inversión diferenciados dependiendo si existe o no, infraestructura colectiva en las áreas a ampliar. En base a lo anterior, se ha realizado un análisis diferenciado dependiendo de la situación de cada provincia.

Inversiones acumuladas fuera e intrafinca

Acumulando las inversiones en sistemas colectivos e inversiones intrafinca, se determinó el total estimado en cada provincia (72% de inversión promedio, corresponde a infraestructura colectiva o común, y 28% a inversiones en parcela).

Cuadro N°41. Inversión total en millones de USD



La evaluación económica, incluyó información de costos de inversión y de operación de las mismas, relacionadas tanto con las inversiones en captación, transporte y distribución como parcelarias (ver Apéndices de Anexo 1).

Complementariamente en la evaluación económica se consideró el valor de las producciones (ligado al precio de mercado, cupos de exportaciones por modelo, relación con el consumo interno, rotaciones, factores climáticos, etc.) y costos de producción y operativos necesarios para lograrlas.

Igualmente se tomaron los valores incrementales, es decir que las inversiones como los beneficios asociados, surgen de la consideración actual y futura sin proyecto, en comparación con la situación actual y futura con proyecto.

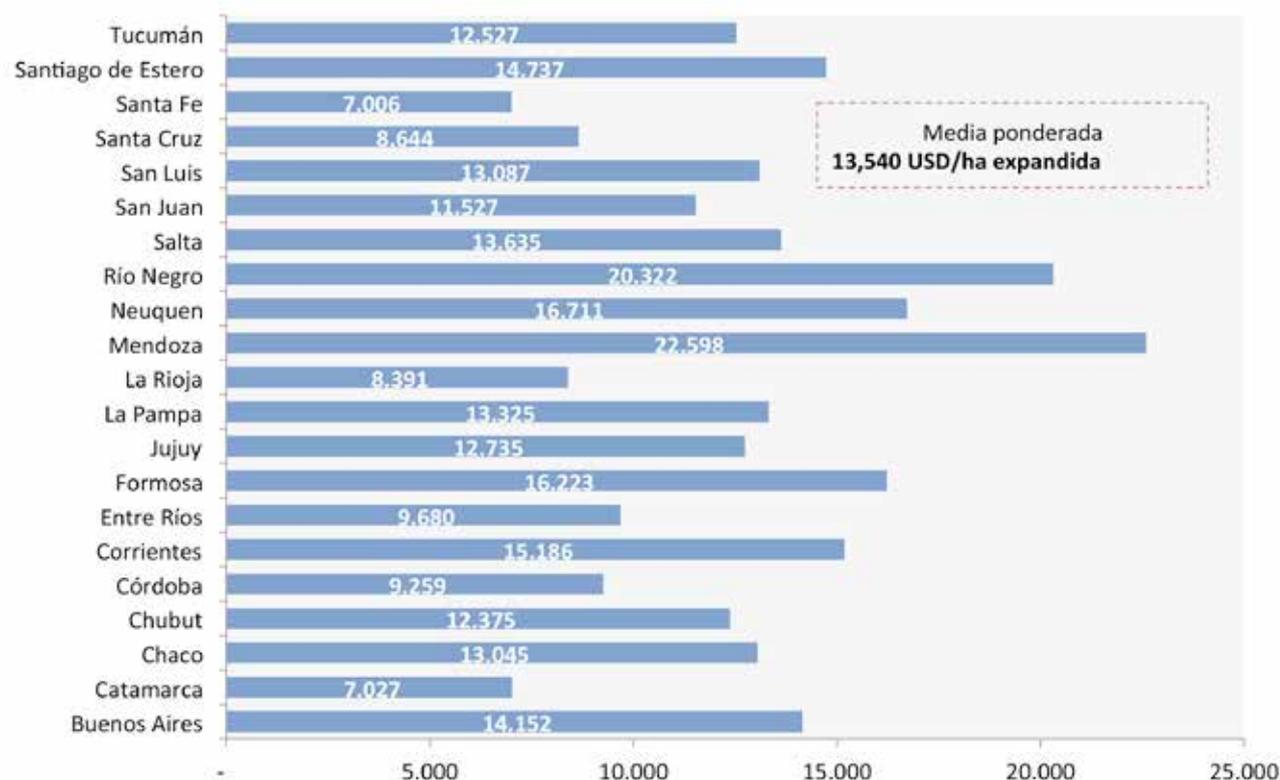
El objetivo de esta evaluación, fue analizar la viabilidad económica del conjunto de las inversiones planteadas. Indicadores utilizados: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y Valor Actual Neto por unidad de moneda (dólares) invertido (IVAN), para cada uno de los sistemas.

Considerando las células de cultivo relevadas, los rendimientos y precios al productor, se obtuvo un Valor Bruto de Producción de \$ 27.913 millones .

Las inversiones en sistemas productivos generan, por lo tanto, valores incrementales de capacidades productivas (situación con proyecto versus sin proyecto).

La distribución de inversiones en hectárea expandida por provincia, se observa en el próximo Cuadro (la media estimada asciende a 13.540 USD/ha expandida).

Cuadro N°42. Costo de inversión por superficie expandida (USD/ha)

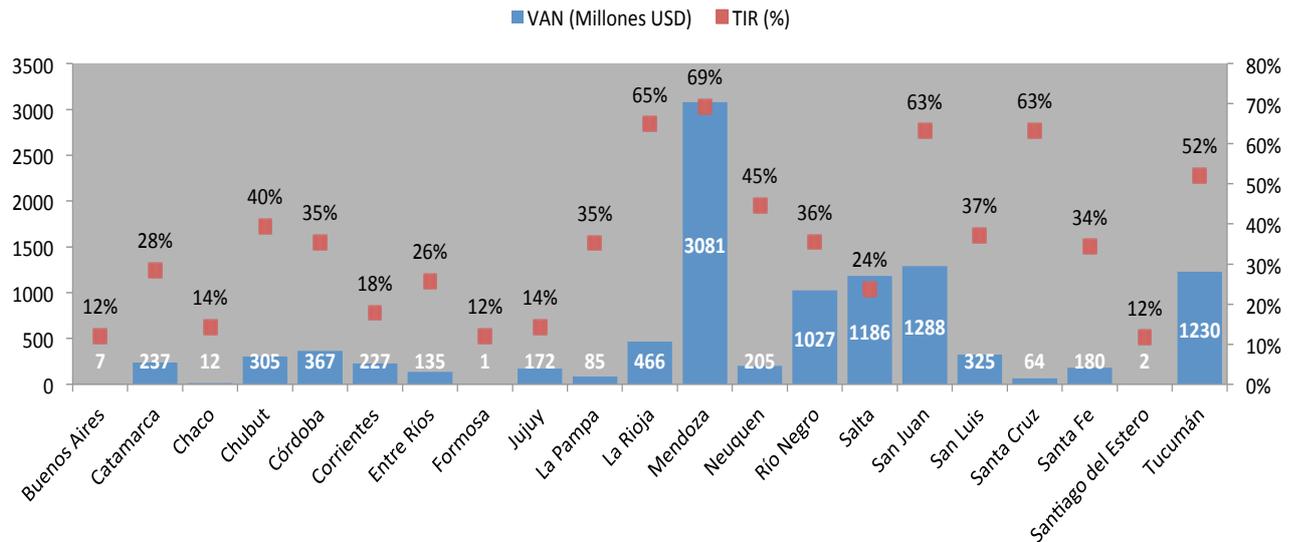


Determinación de VAN y TIR de costos y beneficios

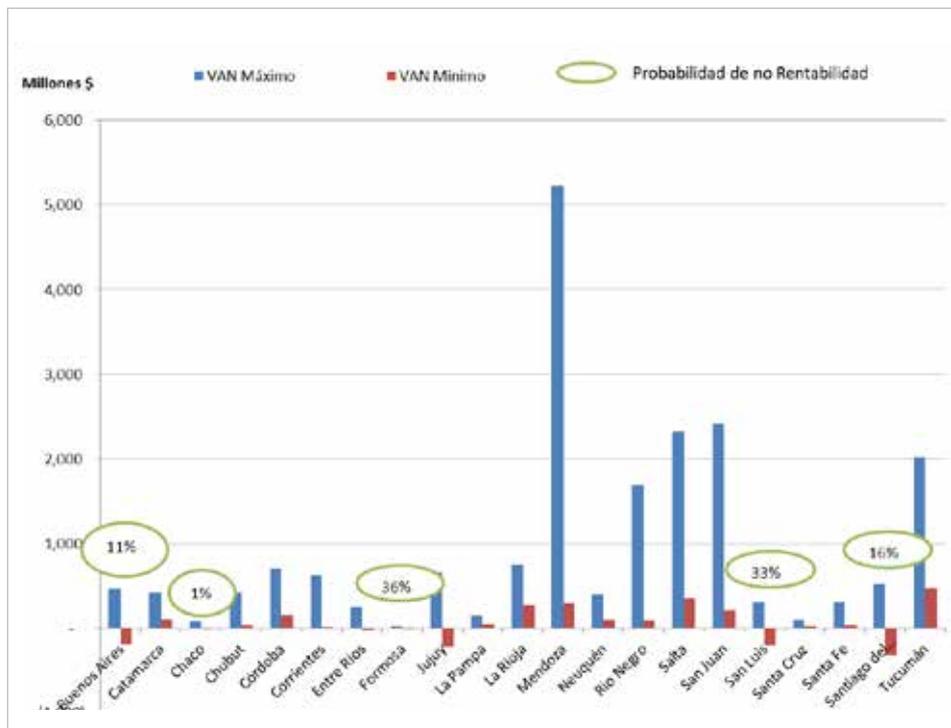
Se determinaron los valores de inversión de ambas categorías, para cada uno de los sistemas provinciales. Se utilizó la información de cada sistema, para el cálculo de los beneficios que podría otorgar la expansión potencial de áreas bajo riego.

Con el armado de los flujos de fondos que comparan la situación con proyecto (inversiones para lograr la expansión potencial) y la situación sin proyecto (situación de los sistemas productivos, sin realizar inversiones pero afectados por el cambio climático), se calcularon los siguientes indicadores económicos (ver explicación detallada en Anexo 1): VAN o Valor Actual Neto y TIR o Tasa Interna de Retorno.

Cuadro Nº43. Resultados Evaluación Económica



Cuadro Nº44. Variables consideradas para Simulación de Montecarlo



Variables consideradas:

- valor bruto de producción por ha,
- costos de inversión colectiva,
- costo de inversión parcelar,
- costos de producción por ha,
- costos de mantenimiento de inversiones,
- demanda de los cultivos,
- eficiencias,
- superficie cultivada bajo riego,
- incremento de producción y
- cambio climático.

Análisis de sensibilidad

Los indicadores del apartado anterior, se estimaron para una situación de “Línea de Base”. Esta línea fue confrontada con distintas circunstancias, donde los supuestos implícitos en flujos de fondos podían cambiar. Para ello se realizó un análisis de sensibilidad (relacionar distintas variables y recalculer los indicadores de rentabilidad, para valores de variables elegidas). En este caso se optó por la técnica denominada “Simulación de Montecarlo” o simulación probabilística (ver detalle en Anexo 1, Apéndice g y h).

Para el análisis de sensibilidad, se consideraron las siguientes variables: valor bruto de producción por ha, costos de inversión, costos de producción por ha, costos de mantenimiento de inversiones, demanda de los cultivos, Indicadores de Desempeño (eficiencias), superficie cultivada bajo riego, incremento de producción y cambio climático.

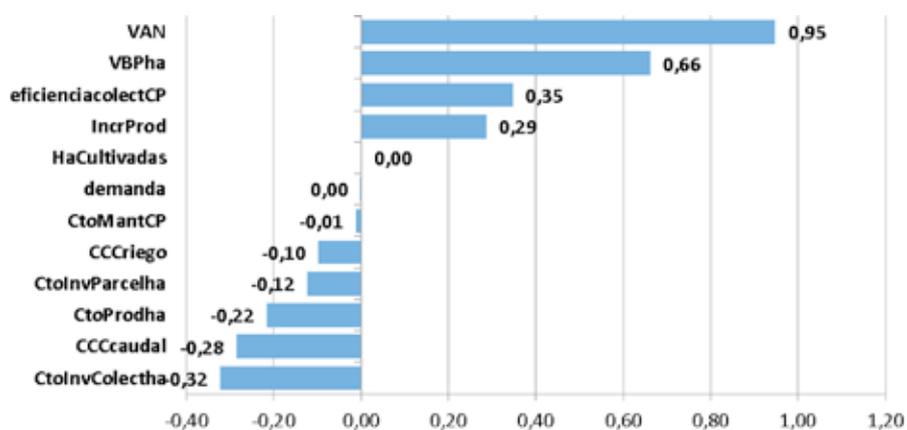
El costo de inversión colectiva por hectárea, el coeficiente de resiliencia al CC (que considera incremento de necesidades de riego por escenarios de mayor temperatura y disminución de disponibilidad hídrica superficial por eventos de escasez) cambio climático, y el costo de producción por ha, aparecieron como los principales aspectos relacionados negativamente con la rentabilidad de los proyectos.

En cuanto al análisis de sensibilidad, a modo de ejemplo, se agrega un resumen de los resultados en Áreas Existentes:

- En promedio, las variables que más influyen positivamente son el Valor Bruto de Producción por hectárea, la eficiencia colectiva con proyecto y el incremento de la productividad.
- De igual modo, en el promedio de las provincias, las variables que más influyen negativamente son: el costo de la inversión colectiva por hectárea, el coeficiente del cambio climático relacionado con la reducción de caudales, el costo de producción (por ha), el costo de inversión parcelar (por ha), el coeficiente de cambio climático relacionado con las mayores necesidades de riego y, finalmente, el costo de mantenimiento de la infraestructura con proyecto.

A continuación se presentan los resultados promedios de la simulación.

Cuadro N°45. Tornado TIR



E. Estudio de Caso: Áreas Existentes. Sistema Canal Montecaseros, Mendoza.

A continuación se analiza un caso de inversiones sucesivas en sistemas de distribución colectivos, localizado en la cuenca del río Tunuyán Inferior en la provincia de Mendoza (ver Anexo 10).

Situación actual: se trata de un actual terciario intervenido con un área de influencia de 36,000 hectáreas de las cuales tienen derecho a riego 8531 ha. Entre 1997 y 2006, fueron ejecutadas las siguientes obras:

- Intervenciones previas en canales primarios y secundarios
- Canal terciario: 100% intervención
- Canales cuaternarios y comuneros: 50% intervención

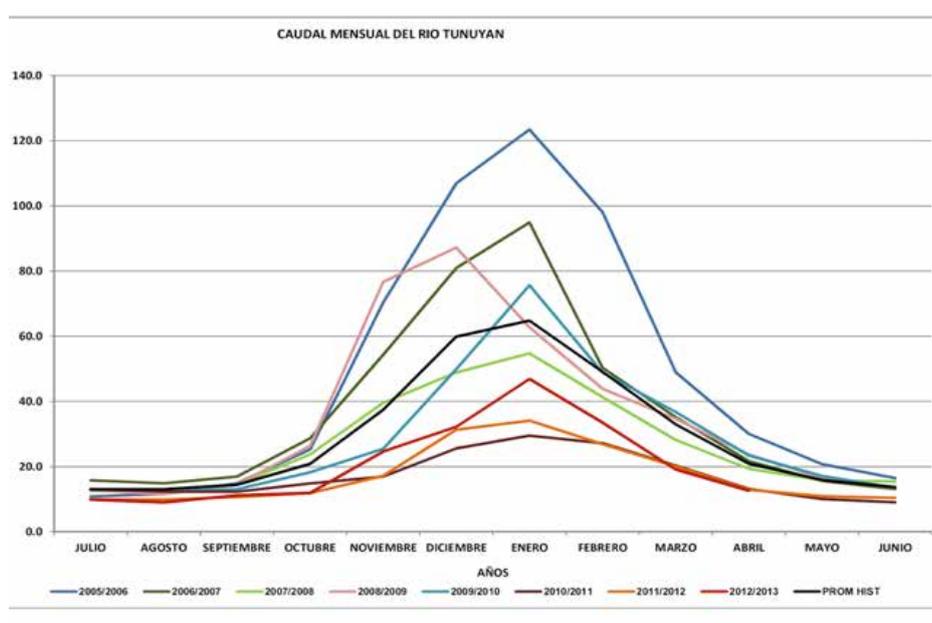
Objetivo: el proyecto contempla dentro de sus objetivos el incremento en la eficiencia de conducción y distribución debido a las obras de impermeabilización, y mejora de los Indicadores de Desempeño a nivel intraparcelar, como resultado de un mejor Cuadro de Distribución y de la implementación de componentes de Asistencia Técnica.

Cuadro Nº46. Eficiencias con y sin proyecto en Montecaseros

EFICIENCIA	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
CONDUCCIÓN DISTRIBUCIÓN	75%	91%
INTRAPARCELARIA	40%	55%
GLOBAL	29%	47%

La disminución de precipitaciones níveas en alta montaña ocurridas en los últimos 4 años, provocó alteraciones en el ciclo hidrológico, evidenciándose como una disminución de los caudales erogados por los ríos, en este caso el río Tunuyán.

Cuadro Nº47. Caudal mensual medio del río Tunuyán



La situación descrita, originó en el sistema de administración del agua de la provincia el status de “Emergencia Hídrica” (varía de acuerdo a la acumulación nívea).

Cuadro N°48. Clasificación de años hidrológicos según DGI

Periodo	Criterio	Clasificación
2009/2010	Volumen pronosticado comprendido entre +5% y -5% de media histórica	Medio
2010/2011	Volumen pronosticado por debajo de -35% de media histórica.	Seco
2011/2012	Volumen pronosticado por debajo de -35% de media histórica.	Seco
2012/2013	Volumen pronosticado comprendido entre -15% y -35% de media histórica	Pobre
2013/2014	Volumen pronosticado comprendido entre -15% y -35% de media histórica	Pobre

Fuente: DGI

El proyecto planteó un incremento en el volumen de agua entregado a parcelas de riego. Este volumen fue directamente afectado por la crisis hídrica, en distinta medida según el año. Las mejoras en la eficiencia, permitieron incrementar notablemente la disponibilidad relativa del recurso, ayudando a paliar los efectos de la crisis hídrica. En el cuadro siguiente, se observan los volúmenes previstos sin proyecto, el proyectado y el medio distribuido durante los últimos ciclos.

Cuadro N°49. Volúmenes de agua (m³/ha/año) en las distintas etapas del proyecto

Situación	Volumen (m ³ /ha/año)
Sin Proyecto	6144
Proyectada	8115
Incremento proyectado	1971
Crisis hídrica (-35%)	2840
Real	5275

Fuente: DGI

En base al relevamiento de información realizada, el proyecto alcanzó los siguientes beneficios:

- Generó un incremento de la superficie cultivada y de los rendimientos
 - Principal cultivo: Vid (75%)
 - Aumento superficie: 5%
 - Aumento de rendimientos: 25%-28%
- Recuperación de hectáreas afectadas por freática (aledañas al canal): 800 ha
- Disminución de hectáreas abandonadas y semi abandonadas: de 52% a 8%
- Aumento disponibilidad recurso: compensó la caída por crisis hídrica
- Disminución consumo agua subterránea: menor incremento en EAPs con derecho de agua superficial.

Los montos de inversión acumulados de las diferentes etapas son los siguientes:

Cuadro N°50. Montos de inversión

Total Desembolso Efectivizado	Fecha Final de Obra	Hectáreas Empadronadas	Revestimiento de Canales (metros)	Productores Beneficiados
\$ 8.390.799,39	11/2003	8.531	19.560	1.125

Fuente: DGI

Principal conclusión: no hubiese sido posible sobrellevar la crisis hídrica sin las mejoras generadas por el proyecto, ya que las obras en infraestructura de riego contribuyeron a la eficiencia de riego y a la regularidad de la entrega.

El análisis de la información del estudio de caso, permitió validar las consideraciones asumidas en el estudio respecto a:

- Montos de inversión previsto por ha y categorización de canales.
- Beneficios asociados al incremento de productividad.
- Implicancias de mejoras en eficiencias, como medida de adaptación a efectos del cambio climático.

Cabe destacar que también fue analizado el caso de inversiones en el Proyecto Tramo Inferior Rio Mendoza, donde se realizaron en diferentes instancias y tipologías de obras, desde el sistema primario con la construcción del 5° y 6° Tramos del Canal San Martín (1999–2002), hasta revestimientos de redes secundarias y tercerías (2003–2008): permitieron la siguiente evolución de la superficie irrigada:

Cuadro N°51. Superficie irrigada

Superficie Empadronada	28000 ha
Área Irrigada Actual	25380 ha
Área Irrigada Inicial	13500 ha

La evaluación de los montos de inversión y beneficios, validaron las consideraciones de costos asumidas e impactos estimados de beneficios de eficiencia, ahorro de agua y ampliación de área, asumidos en el estudio para esa tipología de conducciones.

Cuadro N°52. Tipologías de Consucciones

Red	Período	Inversion (USD)	Sup Ampliada (ha)	USD / ha Ampliada
Primaria	2001/03	15.427.611	8100	1.905
Secundaria	2004/08	7.915.973	3780	2.094
	Total	23.343.584	11880	

Resumen

El siguiente Cuadro resume información general sobre las áreas existentes:

Cuadro N°53. Cuadro Resumen Áreas Existentes

ÁREAS DE RIEGO EXISTENTES	
Superficie cultivada bajo riego	2.1 millones ha
Potenciales ha de Nuevas Áreas (rango variable por escenario)	800.000 ha en total de las cuales: 561.000 ha con garantía adecuada inclusive ante eventos extremos de escasez
Valor Bruto de Producción actual (VBP)	27.913 Millones USD
Costo medio de inversión colectiva (USD/ha)	2.588 USD/ha empadronada y 4.055 USD / ha cultivada
Costo medio de inversión en parcela	979 USD/ha cultivada y 12.59 USD / ha intervenida
Inversión por ha expandida	13.540 USD / ha
Inversión Total	7.262 Millones USD

Todos los resultados y detalles de los análisis por provincia, pueden observarse en el Anexo correspondiente y sus Apéndices, al igual que los mapas y las diferentes capas de información en formato GIS.

Capítulo III

NUEVAS ÁREAS DE AGRICULTURA IRRIGADA

El objetivo de analizar el potencial de creación de nuevas áreas, es el de identificar y evaluar la incorporación de agricultura irrigada, en zonas que actualmente no se encuentran en producción, y cuentan con condiciones agroecológicas adecuadas y disponibilidad de recursos hídricos.

Como se mencionó precedentemente, para estudiar la viabilidad de potenciales inversiones en riego, fue necesario realizar una identificación, caracterización y evaluación, desde distintas dimensiones de análisis.

Dichos análisis y evaluaciones, se realizaron a partir de información y estudios existentes en diversas instituciones.

Se procedió desde el punto de vista metodológico a los siguientes pasos:

- Relevamiento y caracterización de cuencas.
- Análisis de disponibilidad y de demandas.
- Balances Hídricos, ponderaciones y priorizaciones.
- Análisis y evaluación de disponibilidad hídrica por cuenca.
- Inventario de las potenciales nuevas superficies de riego por cuenca.
- Propuesta metodológica para la priorización de nuevas áreas.
- Resumen de los resultados.

A. Relevamiento y caracterización de cuencas

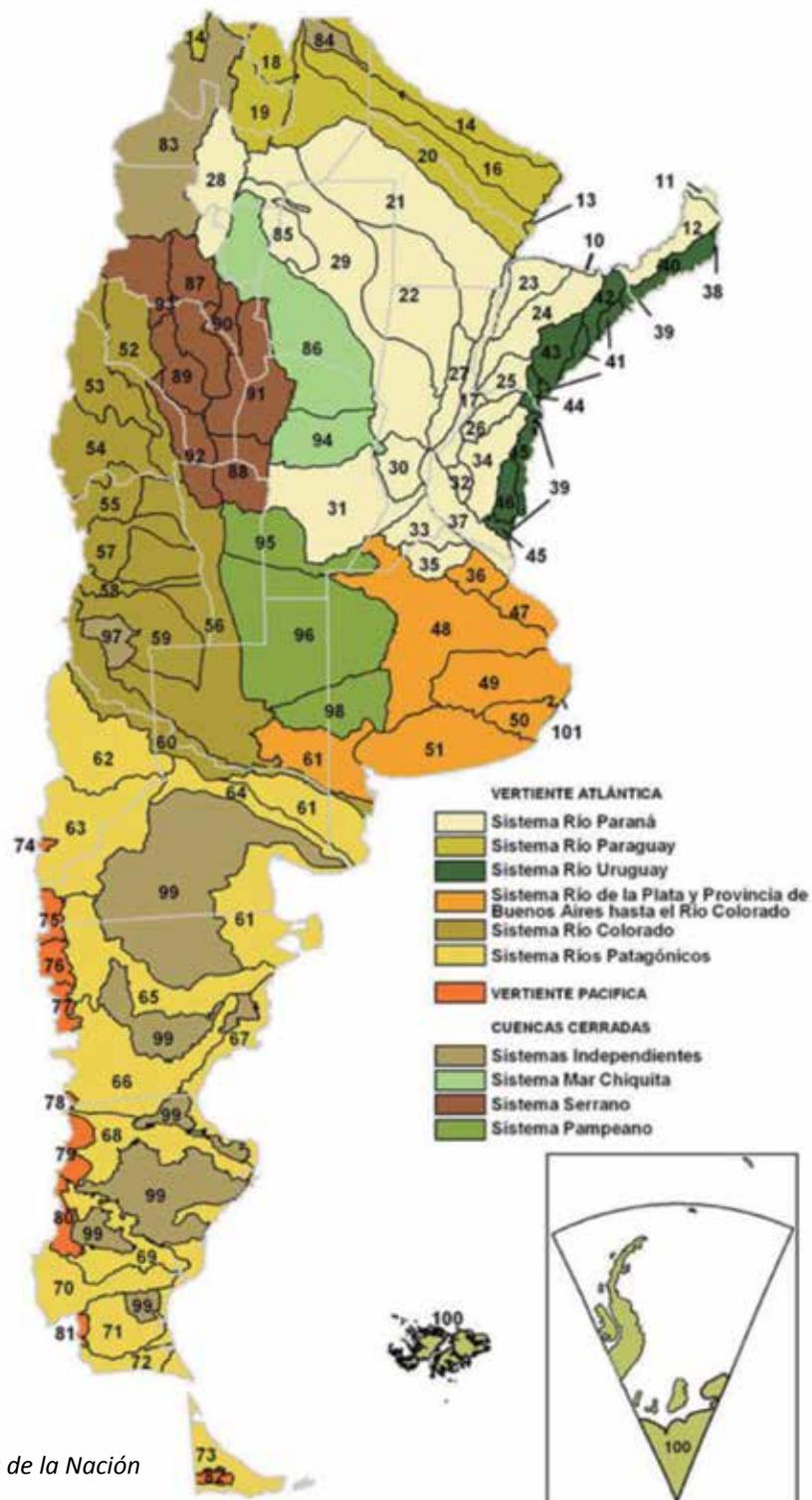
Como en todo análisis de la potencialidad de riego, para analizar la posibilidad de futuros desarrollos o nuevas demandas, uno de los factores primordiales es conocer la oferta del recurso correspondiente a cada una de las diferentes cuencas, así como las demandas y condiciones agroecológicas de las mismas.

Además, se efectuó la descripción hidrográfica con información actualizada, sumando a ello una descripción de las características Físico-Naturales y Socio-Económicas.

Se identificaron 101 cuencas hidrográficas (ver Anexo 2), estudiadas y enumeradas en un trabajo realizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Cuadro N°54.

Cuencas hidrográficas de Argentina



Fuente: Subsecretaría de Recursos hídricos de la Nación

Según sus características hídricas, Argentina está dividida en tres áreas (árida, semiárida y húmeda). La zona Árida tiene una superficie de 149,6 millones de ha (52,2%), la Semiárida de 49,8 millones ha (18,1%) y la Húmeda de 76,3 millones ha (27,7%). Por su parte, la superficie cultivada en secano es de 36,9 millones ha (13,4 % del total) y la superficie bajo riego es de 2,1 millones has (0,8% del total).

Como conclusión del estudio mencionado, surge que el potencial de desarrollo de riego integral de nuevas áreas, se concentra en la región Árida y Semiárida.

Estas dos regiones comprenden el 70.3% de la superficie cultivada y se encuentran distribuidas en 40 de las 101 cuencas identificadas. El 29,70% restante de las hectáreas cultivadas, corresponde a la cuenca del Plata, zona húmeda que comprende las provincias de Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe, donde el potencial de desarrollo de nuevas áreas es menor.

A continuación puede observarse el listado de las 40 cuencas identificadas para el potencial de desarrollo de riego integral de nuevas áreas.

Cuadro N°55. Cuencas para desarrollo de riego integral de nuevas áreas (40)

Abaucan	Pilcomayo en Formosa
Atuel	Primero
Carreleufu	Puelo
Chubut	Puna
Colorado	Quinto
Conlara	Río Bermejo
Diamante	Río Bermejo Superior
Futalufu	Río Negro
ItiyuroCarapari	Río Salí Dulce
Jachal	Rosario Ureña los horcones
Juramento (alta cuenca)	Salar Pipanaco
Juramento-Salado	Salinas Grandes
Laguna Llanquanelo	San Francisco
Limay	San Juan
Mendoza	Senguer
Neuquén	Tunuyán
Oriental de Ambato	Velazco
Pampa de las Salinas	Vinchina-Bermejo
Ríos arroyos de Salta y Formosa (afluentes del Paraguay)	Pico
Pilcomayo alto	Segundo

B. Análisis de disponibilidad y de demandas

Una vez analizados los datos de módulo y derrame anual de las cuencas involucradas (ver Anexo 2), para realizar el balance hídrico de las mismas y conocer el porcentaje de agua comprometido, se enumeraron los datos hidrológicos necesarios de cada una de ellas, considerando adicionalmente los efectos del Cambio Climático (Riego, Población, Caudal Ecológico, Infiltración).

Complementariamente, se asumió un examen de las obras de regulación, tanto las existentes como las potenciales.

Demandas y usos considerados

- **Riego:** en las zonas de riego integral, la ampliación de nueva superficie, puede generarse a través de mejoras desde las eficiencias globales de los sistemas existentes y, además, por el sistemático ahorro de agua, de acuerdo a lo analizado en los capítulos precedentes. En base a estos últimos conceptos –ahorro de agua y eficiencia global-, se consideró que dichas ampliaciones, en ningún caso, originarán nuevos consumos.
- **Población:** en las regiones semidesérticas y desérticas, la población se ubica cercana a los cauces de escurrimiento natural; por lo tanto, en la mayoría de las cuencas, el consumo poblacional es uno de los usos a considerar. Son más reducidos los casos en los cuales el consumo poblacional proviene de otras cuencas (o de agua subterránea). Para las evaluaciones hidrológicas asumidas por el Estudio, se estimó la demanda de acuerdo a cada población por cuenca, considerando consumos mediorazonables de 300 litros/habitante por día.

- **Caudal ecológico:** se consideró el valor estimado, según el Plan Director o estudio correspondiente; en segundo orden, si no se disponía de este valor, se supuso que el caudal ecológico implicaba un 10% del módulo de la cuenca; y en el caso especial de ríos navegables, como el de la cuenca del Plata, se tomó el caudal mínimo necesario que no afectase la navegación.
- **Infiltración:** en las zonas áridas, donde resulta práctica habitual el uso conjunto de agua superficial y subterránea, se tuvo en cuenta la recarga de los acuíferos alimentados por cuenca (el volumen anual destinado a la recarga de los acuíferos, se obtiene de los correspondientes Planes Directores u otras investigaciones similares).
- **Otros usos:** se consideraron los consumos de uso industrial, recreativo, minero, etc. Hubo casos especiales donde existía información sobre tales consumos, e incluso en otros fueron extraídos directamente de las planillas de Balance Hídrico de algunas cuencas determinadas. Donde no se encontró dicha información, se consideró para esos usos genéricos, un 12% del consumo poblacional de la cuenca.

Cuadro N°56. Análisis de situación de las cuencas

CUENCA	MÓDULO ANUAL m³/S	DERRAME ANUAL hm³	OBRAS DE REGULACIÓN	VOLUMEN DE REGULACIÓN hm³	PORCENTAJE DE DERRAME ANUAL	SUPERFICIE CULTIVADA ha	CONSUMO ANUAL RIEGO hm³
CHUBUT	46	1.463	AMEGHINO	1.600	109,34 %	15.173	502
MENDOZA	49	1.545	POTRERILLOS	450	29,12 %	69,440	1.041
COLORADO	148	4.677	CASA DE PIEDRA	2.650	57 %	80.409	2.733
SENGUER	46	1.663		-	0 %	2.837	96

CUENCA	PORCENTAJE CONSUMO DE RIEGO	POBLACIÓN DE LA CUENCA	POBLACIÓN CONSUMO hm³	PORCENTAJE CONSUMO POBLACIÓN	CAUDAL ECOLÓGICO m³/s	VOLUMEN ECOLÓGICO hm³	PORCENTAJE VOLUMEN ECOLÓGICO
CHUBUT	34 %	198.910	21	1,49 %	4,80	151	10,34 %
MENDOZA	67 %	1.016.762	196	12,7 %	-	-	0 %
COLORADO	58 %	231.818	25	0,55 %	32,00	1.009	22 %
SENGUER	6 %	245.574	26	1,84 %	30,00	946,08	64,66 %

CUENCA	OTROS USOS VOLUMEN ANUAL hm³	PORCENTAJE OTROS USOS	INFILTRACIÓN VOLUMEN ANUAL hm³	PORCENTAJE INFILTRACIÓN	PORCENTAJE COMPROMETIDO ACTUAL
CHUBUT		0 %			46,19 %
MENDOZA	12	0,78 %	260	16,83%	97,68 %
COLORADO	230	4,92 %			85,50 %
SENGUER		0 %			73,09 %

Otros aspectos considerados

- Cambio climático: con el objeto de cuantificar los impactos sobre la oferta del recurso, se consideró la disminución estimada de precipitaciones sobre las cuencas. Dicha información fue analizada por regiones, en base a datos del 2º y 3º Comunicado Nacional de Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Regulación: se estableció cuál es el grado de regulación de los ríos, teniendo en cuenta que para la ampliación de las zonas de riego, el mayor consumo que se realiza es estacional, con incidencia superior en los meses de verano.

C. Balances Hídricos, ponderaciones y priorizaciones

Balances Hídricos preliminares

Con el objeto de identificar las posibilidades de desarrollo o ampliación del área de riego, se realizó un balance preliminar considerando el análisis de la oferta de recurso hídrico y las futuras demandas para riego.

A partir del relevamiento de proyectos sobre nuevas áreas de riego que existen en distintos organismos, Planes Directores, Planes de cuenca, y otros trabajos realizados sobre esta temática, se logró inventariar 119 potenciales nuevas áreas de riego con una superficie total de 1.562.596 hectáreas localizadas en las 40 cuencas en análisis.

Se observa a continuación un listado general con la cantidad de nuevas áreas de riego por provincia, y sus superficies en hectáreas.

Cuadro N°57. Nuevas Áreas por provincia

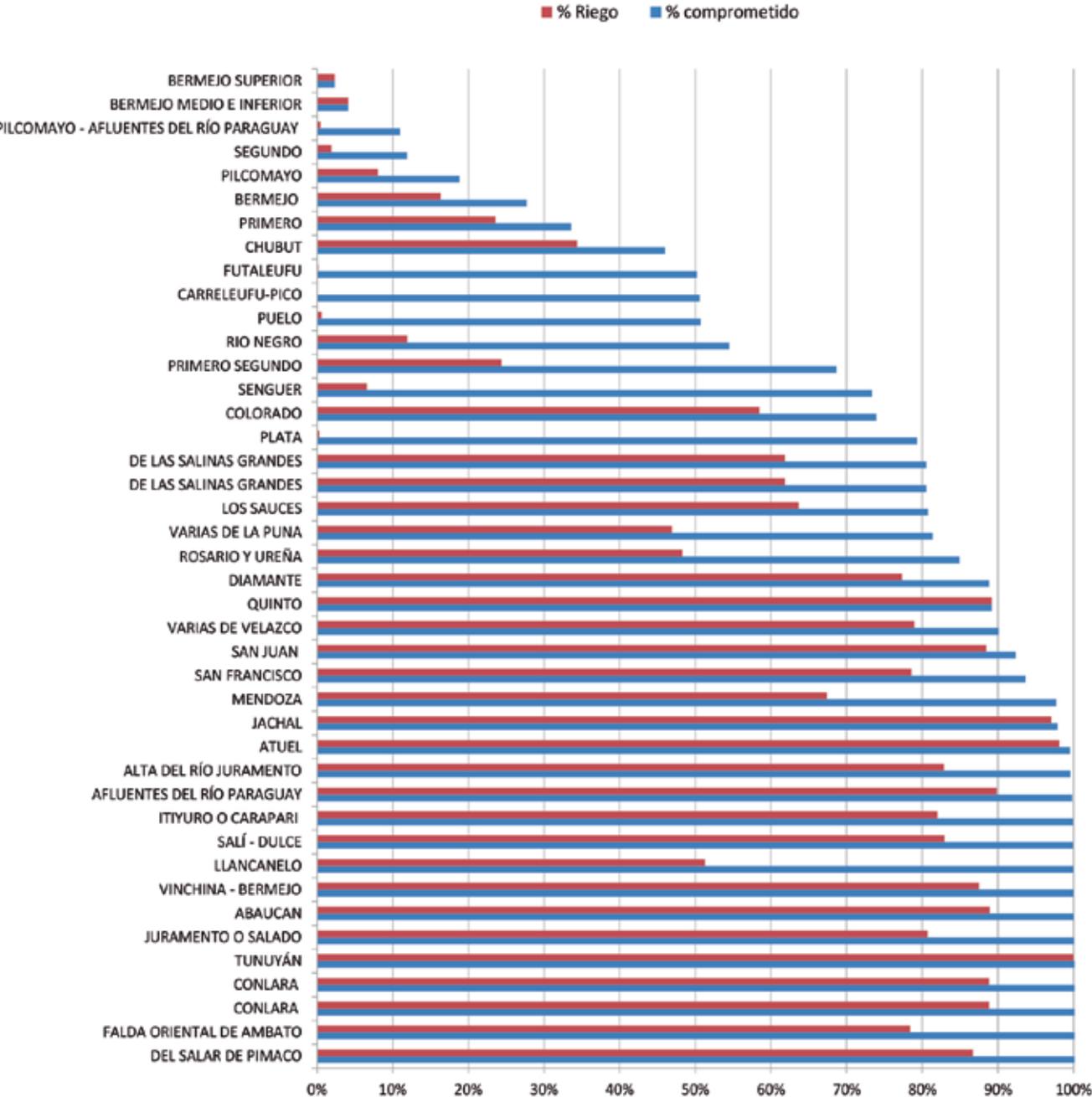
Provincia	Nuevas Áreas	Superficie (ha)
BUENOS AIRES	1	50.000
CHACO	1	24.946
CHUBUT	27	90.700
CORRIENTES	1	99.280
ENTRE RÍOS	2	116.500
FORMOSA	3	60.500
NEUQUEN	37	276.437
RÍO NEGRO	17	527.053
SALTA	9	66.400
SAN JUAN	2	20.680
SAN LUIS	16	103.123
SANTA FE	1	36.977
SANTIAGO DEL ESTERO	2	30.000
Total	119	1.562.596

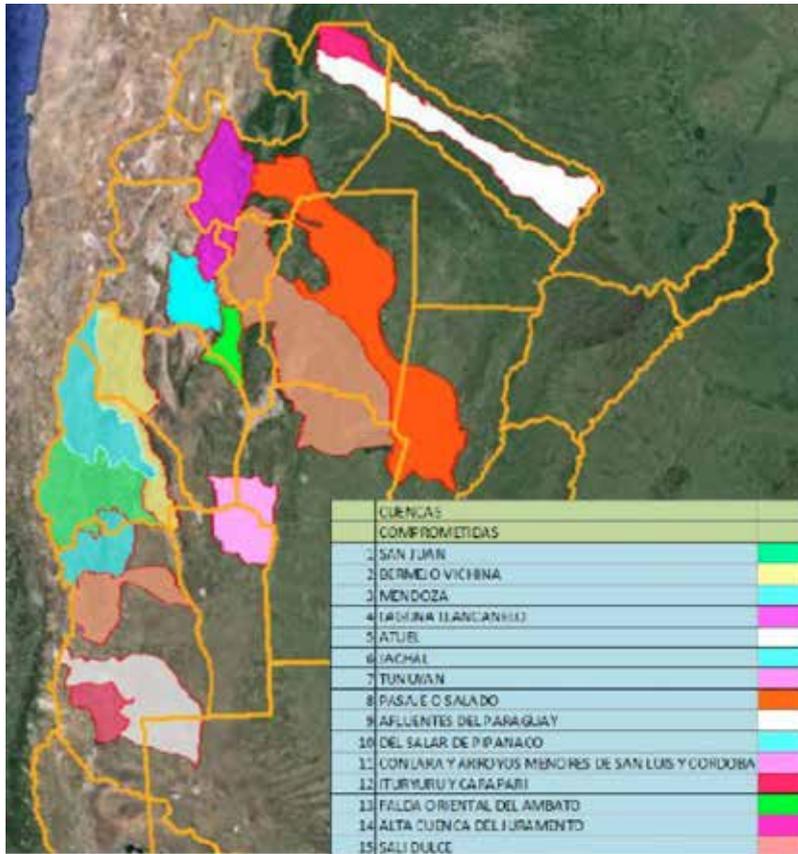
D. Análisis y evaluación de disponibilidad hídrica por cuenca

Sobre la base de los criterios anteriores y con datos disponibles de cada una de las cuencas, se analizó la situación actual, evaluando el grado de compromiso que tiene la oferta de agua o disponibilidad, expresada en un porcentaje de su derrame anual.

En el Cuadro siguiente, se visualiza el grado de compromiso del derrame anual que presenta cada cuenca y, además, su relación con la demanda comprometida por el riego.

Cuadro N°58. Porcentaje comprometido por río y porcentaje de riego





Cuadro N°59. 15 cuencas con recurso hídrico comprometido

Por las condiciones de escurrimiento futuras, y considerando los efectos del Cambio Climático, se analizó cual es el potencial de nuevas áreas de riego en cada cuenca.

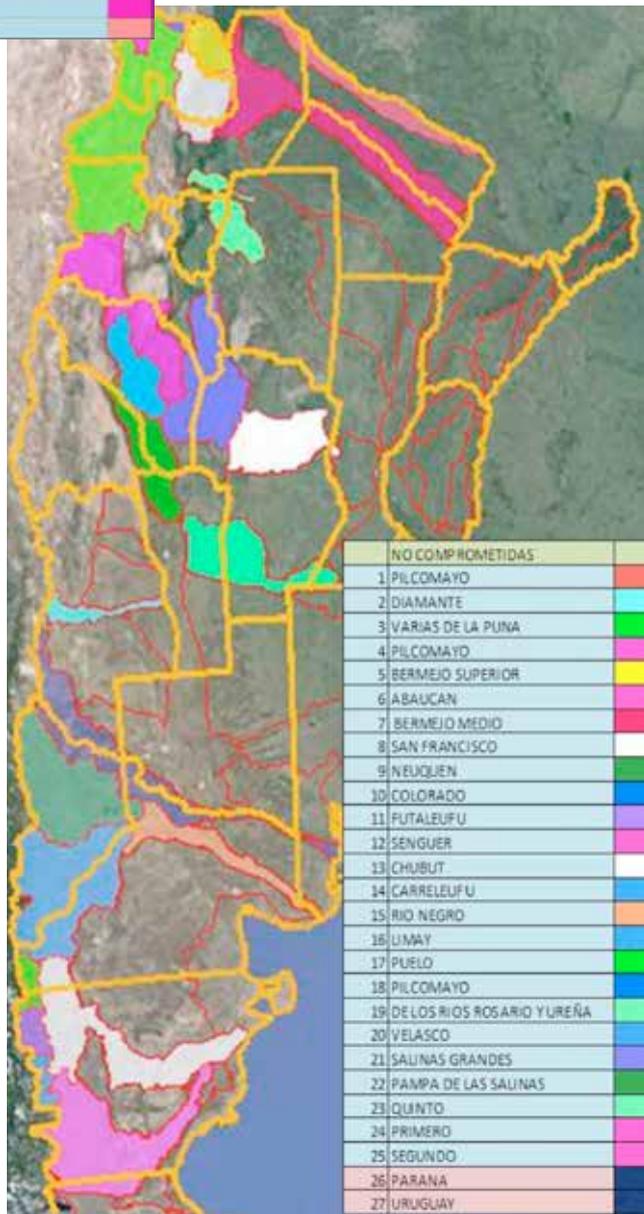
De esta forma se obtuvo un panorama informativo general sobre el estado actual de la disponibilidad de recurso, en cada una de las cuencas estudiadas. Para ello se analizaron los porcentajes comprometidos en los ríos, teniendo en cuenta las diferentes demandas y usos, (tales como riego, consumo poblacional, infiltración, caudal ecológico, etc.).

A continuación puede observarse un mapa con las cuencas que tienen sus recursos hídricos comprometidos.

En base al análisis anterior, agregando los efectos de escenarios de escasez generados por los impactos del Cambio Climático, se concluyó que 27 cuencas cuenta con disponibilidad para el desarrollo de nuevas áreas.

La localización geográfica de las 27 cuencas mencionadas, puede observarse en el mapa siguiente:

Cuadro N°60. Listado de las 27 cuencas con disponibilidad para nuevas áreas y superficies potenciales de cada una en hectáreas



Cuadro Nº61. Subcuencas con potencial de ampliación de Nuevas Áreas

CUENCA	SUPERFICIE POTENCIAL Nuevas Áreas (ha)
ACR. BERMEJO	126.400
AMIEVA	2.077
BEBEDERO	1.000
BERMEJO	25.500
CHUBUT	56.700
COLORADO	152.895
CONLARA	10.596
CORCOVADO	1.500
DULCE	15.000
FURALEUFÚ	1.500
FUTALEUFÚ	3.500
GUAYCURU	24.946
JURAMENTO O SALADO	15.000
LIMAY	97.450
LLANURA NORTE	45.536
PARANÁ- URUGUAY	215.780
NEUQUÉN	171.557
PUELO	1.500
QUINTO	39.546
RÍO BERMEJO	15.000
RÍO NEGRO	431.588
RÍO PARAGUAY	20.000
RÍO PICO	500
SAN JAVIER	36.977
SAN JUAN	20.680
SENGUER	25.500
VILANCE	4.368
Total:	1.562.596

E. Inventario de las potenciales nuevas superficies de riego por cuenca

Para realizar un inventario razonable de las potenciales nuevas superficies de riego por cuenca, se tomó en cuenta la diferencia entre el volumen del derrame anual y el porcentaje comprometido actual (disponibilidad hídrica), la superficie con suelos aptos, el área potencial de riego y los caudales garantizados (ver más detalle por subcuencas en Anexo 2).

El Estudio permitió determinar cuál es la disponibilidad de agua, y así obtener un número estimativo de hectáreas que se pueden regar por cuenca (con una eficiencia global del 60 %). El Cuadro siguiente muestra por cuenca las nuevas áreas, según disponibilidad de agua, superficie de suelos aptos por cuenca y el área potencial identificada en el inventario de proyectos (1.562.596 ha).

Cuadro Nº62. Inventario de Nuevas Áreas por Cuenca

Cuenca	Nueva Superficie Disponibilidad de agua	Superficie con suelos aptos - ha	Área Potencial de Riego - ha
Chubut	33.000	142.200	56.700
Colorado	30.000	762.090	152.895
Senguer	26.000	218.500	25.500
Puelo	100.000	5.000	1.500
Futaleufú	220.000	20.000	5.000
Carreleufú-Pico	52.000	2.000	2.000
Neuquén	171.557	171.557	171.557
Limay	97.450	97.450	97.450
Río Negro	750.000	534.410	431.588
San Juan	11.000	120.680	20.680
Pampa de la Salinas (Ilanura Norte San Luis)	1.510	52.981	52.981
Del Río Salí Dulce	1.000	327.700	15.000
Del Río Bermejo	220.000	330.000	151.346
Río Conlara y de Aº Men. de S.L. y C.	1.000	10.596	10.596
Del Río Juramento Salado	1.000	15.000	15.000
Afluentes del Río Paraguay	1.000	20.000	20.000
Quinto	1.000	39.546	39.546
Del Plata	300.000	293.257	293.257
TOTAL	2.017.517	3.062.967	1.562.596

F. Propuesta Metodológica para priorización de nuevas áreas

Ponderaciones

A los datos generales de las nuevas áreas identificadas, se aplicó una serie de indicadores básicos, como clima, suelo, hidrología y situación socio-económica, para diseñar una ponderación que permitiera priorizar áreas.

• **Clima (ponderación = 15%).** Se utilizó la información de los distintos mapas agroclimáticos elaborados por el INTA, con los datos de temperaturas medias mensuales y anuales; precipitación media mensuales y anuales; evapotranspiración mensual y anual, junto con aumento de la necesidad de riego, en base a las condiciones de incremento de temperatura estimado por el Cambio Climático.

Asimismo, se tomó la disponibilidad térmica como un indicador de la diversidad de cultivos posibles, además de las células de cultivos que existen (cercas a las nuevas áreas de riego).

• **Suelos (ponderación = 15%).** Se obtuvo el mapa de suelos del INTA, datos de la calidad de suelos de los proyectos, superficie regada próxima al nuevo proyecto, y la superficie del nuevo proyecto o nueva área de riego.

• **Hidrología (ponderación = 30%).** En cuanto a la hidrología, se contó con la valoración según los mapas que indican cambios de escurrimientos de las distintas cuencas para el futuro, de acuerdo a los informes y modelaciones de escenarios climáticos.

- La disponibilidad de agua, se obtuvo respecto del análisis de la oferta y la demanda que tiene cada cuenca en la actualidad.
- En obras de regulación, se evaluó el porcentaje que un río tiene regulado, en función del derrame anual, y si es de tipo estacionaria o plurianual.
- En obras de toma, como indicador se utilizó el agua a derivar en función del caudal medio del río.
- En obras de distribución, se estableció el grado de eficiencia global pretendido por el proyecto a desarrollar.

• **Situación socio-económica (ponderación = 40%).**

- Inversión inicial:

En la estimación de costos de cada nueva área de riego, se han considerado los costos correspondientes de inversión parcelar distribución, captación y eventual regulación. Para estos últimos montos de inversión que corresponden a obras de derivación y regulación requeridas en cada cuenca se han considerado las características y montos de inversión definidas en los antecedentes analizados o de otras obras similares. En el anexo 2 puede observarse el detalle y montos de las obras mencionadas.

Para la evaluación económica, se ha considerado el porcentaje de estas obras de regulación directamente vinculadas a los beneficios relacionados con el riego.

Es de destacar que la mayoría de las cuencas de Argentina presentan un grado de regulación reducido. Lo anterior implica que si se plantearan obras de regulación a mayor escala, sería posible mejorar los niveles de regulación y con ello las condiciones de garantía que posibilitarían la consideración de un número mayor de nuevas áreas potenciales de riego.

- **Costos de operación y Mantenimiento**

Para valorar los costos de operación y mantenimiento del sistema, se tuvo en cuenta el tipo de riego (si es por gravedad, bombeo con energía eléctrica para riego presurizado, bombeo con combustible para riego presurizado, bombeo con energía eléctrica para riego por gravedad, y bombeo con combustible para riego por gravedad).

Se muestran a continuación los costos considerados (ver más detalle Anexo 2).

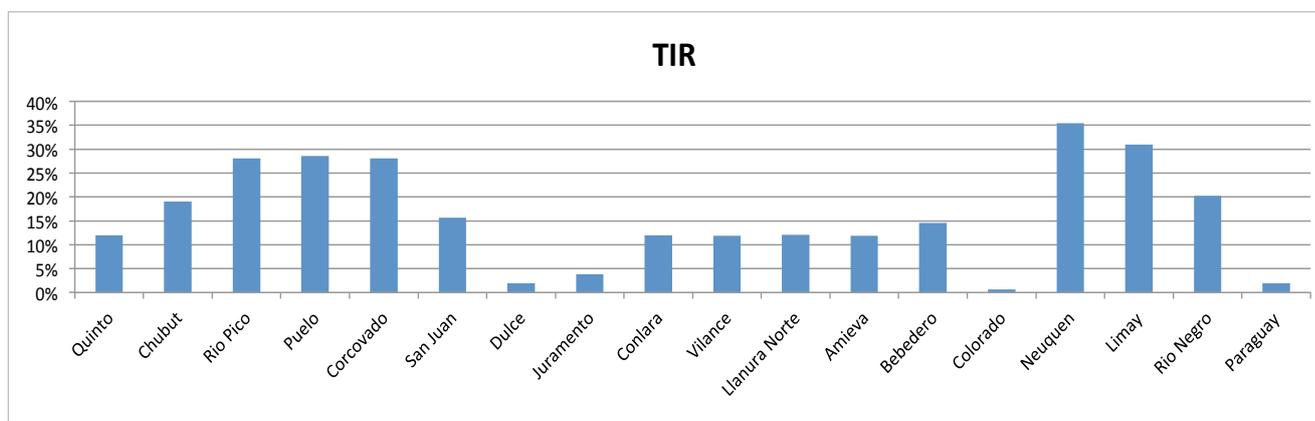
Cuadro Nº63. Costos analizados en Nuevas Áreas por cuenca

Cuencas	Superficie Potencial Nuevas Áreas	Costo de distribución USD/ha	Costo de derivación USD/ha	Costo de Regulación Evaluación Económica USD/ha (*)	Costo de Regulación Total USD/ha	Costo de Inversión Parcelar USD/ha	Costo Unitario Evaluación Económica USD/ha
QUINTO	39.546	5.000	176	429	714	2350	7.954
CHUBUT	56.700	4.308	353	516	1.767	2700	7.877
RIO PICO	500	2.500	300	-	-	2700	5.500
PUELO	1.500	2.500	200	-	-	2700	5.400
CORCOVADO	1.500	2.500	300	-	-	2700	5.500
SAN JUAN	20.680	6.000	500	-	19.584	2700	9.200
DULCE	15.000	6.000	4.301	-	30.000	2700	13.001
JURAMENTO	15.000	6.000	-	-	-	2700	8.700
CONLARA	10.596	4.500	176	431	719	2350	7.456
VILANCE	4.368	4.000	183	429	714	2350	6.962
LLANURA NORTE	45.536	4.833	158	429	714	2350	7.770
AMIEVA	2.077	4.000	193	428	713	2350	6.970
BEBEDERO	1.000	2.500	215	438	730	2700	5.853
COLORADO	152.895	4.462	354	5.140	44.386	2700	12.655
NEUQUEN	171.557	3.000	242	-	-	2700	5.942
LIMAY	97.450	3.750	300	-	-	2700	6.750
RÍO NEGRO	431.588	6.230	400	-	-	2700	9.330
RIO PARAGUAY	20.000	7.000	300	-	-	2700	10.000
RIO BERMEJO	15.000	6.000	300	-	-	2700	9.000
ACR BERMEJO	126.400	5.889	244	1.749	3.846	2700	10.582
Parana	241.280	6.667	300	-	-	2700	9.667
FURALEUFÚ	5.000	2.500	300	800	600	2700	6.300
SENGER	25.500	3.667	317	1.673	7.572	2700	8.356
GUAYCURU	24.946	6.000	-	-	-	2700	8.700
SAN JAVIER	36.977	7.000	300	-	-	2700	10.000

(*) Las obras de regulación son multipropósito, para el cálculo de la evaluación económica se considera el porcentaje de participación en riego y los beneficios asociados al mismo.

El Valor Actual Neto (V.A.N.) asociado al proyecto y la Tasa Interna de Retorno (TIR) asociados al proyecto, se determinaron en base al costo de las obras necesarias por hectárea, asignándose una célula de cultivo similar a la célula más cercana, y se tomaron esos datos para calcular el valor bruto de producción, rendimientos y costos.

Cuadro Nº64. TIR analizados en Nuevas Áreas por cuenca



Complementariamente fueron considerados diferentes aspectos tales como: (i) disponibilidad de mano de obra, (ii) nivel de organización de las cuencas, (iii) esquema organizativo e institucional de cada provincia, (iv) nivel organizativo y fortaleza de las organizaciones de usuarios existentes

Criterios de priorización

En base a la sistematización de la información existente, se realizó una priorización de las áreas teniendo en cuenta los aspectos más relevantes a partir de la ponderación de los diferentes indicadores definidos. (ver en Anexo 2 detalle de agrupamiento de indicadores).

A continuación se muestran ejemplos de los criterios asumidos

Cuadro N°65. Clima, grado de ponderación (15%).

	CLIMA	AUMENTO EN NECESIDADES DE RIEGO	TEMPERATURA MEDIAS	PRECIPITACIÓN	ETP	IND. ARIDEZ MARTONE
1	100%	.0% - 2%	.21-24	400-600	600-750	HÚMEDO
2	75%	.2%-3%	.18-21	300-400	750-900	SUBHÚMEDO
3	50%	.3%-4%	.15-18	200-300	900-1050	SEMIÁRIDO
4	25%	.4%-5%	.12-15	100-200	1050-1200	SEMIDESIERTO
5	0%	.5%-6%	.9-12	0-100	1200-1350	DESIERTO

Cuadro N°66. Suelo, grado de ponderación (15%).

	SUELO	SUPERFICIE REGADA ha	SUPERFICIE A REGAR ha	CALIDAD DE SUELOS CLASE
1	100%	.+ 20.000	0-5.000	1
2	75%	10.000-20.000	5.000-10.000	2
3	50%	5.000-10.000	10.000-20.000	3
4	25%	1.000-5.000	20.000-30.000	4
5	0%	.0-1.000	.+30.000	5

Cuadro N°67. Hidrología, grado de ponderación (30%)

	AGUA	VARIACION DE CAUDALES CCC	DISPONIBILIDAD	OBRAS DE REGULACIÓN REG./DERRAME ANUAL	OBRAS DE TOMA ha RIEGO/MÓDULO	OBRAS DE DISTRIBUCIÓN EFICIENCIA
1	100%	.0%-5%	MUY ALTA	.80%- +100%	.+300	90%
2	75%	.5%-10%	ALTA	60%-80%	100-300	75%
3	50%	.10%-15%	MEDIA	30%-60%	40-100	60%
4	25%	.15%-20%	BAJA	10%-30	.10-40	50%
5	0%	.+20%	NULA	0%-10%	.0-10	30%

Cuadro N°68. Socio-económico, grado de ponderación (40%)

	SOCIO ECONÓMICO	COSTOS DE OPER. Y MANT.	COSTOS POR DISTRIBUCIÓN /ha U\$S/ha	COSTOS POR DERIVACIÓN /ha U\$S/ha	COSTOS POR REGULACIÓN /ha U\$S/ha	POBLACION CERCANA POB/ (ha PROYx2)	NIVEL DE ORGANIZACIÓN DE LA CUENCA	NIVEL DE ORGANIZACIÓN DE LA PROVINCIA	NIVEL DE ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS
1	100%	GRAVEDAD	4.000 -6.000	0-500	0-1.000	.80%- +100%	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
2	75%	BOMB ELECT-PRES.	6.000-9.000	500-1.000	1000-2.000	60%-80%	MUY BUENO	MUY BUENO	MUY BUENO
3	50%	BOMB COMB - PRES.	9.000-12.000	1.000-2.000	2.000-4.000	30%-60%	BUENO	BUENO	BUENO
4	25%	BOMB ELECT-GRAV.	12.000-15.000	.+ 2.000 - 3000	4.000-6.000	.10%-30%	MALO	MALO	MALO
5	0%	BOMB COMB - GRAV.	.+1500	.+ 3.000	.+ 6.000	.0%-10%	MUY MALO	MUY MALO	MUY MALO

A continuación se puede observar el resultado de los análisis económicos y la ponderación para aquellas áreas nuevas que resultan viables desde el punto de vista financiero.

Cuadro N°69. Análisis Económico, grado de ponderación

Cuenca	TIR	Ponderación Total	Clima	Suelo	Agua	Social
NEUQUEN	35%	63%	8%	7%	18%	29%
LIMAY	31%	62%	8%	7%	18%	29%
PUELO	29%	61%	9%	10%	15%	28%
CORCOVADO	28%	52%	5%	9%	12%	26%
RIO PICO	28%	50%	5%	9%	11%	25%
FUTALEUFU	24%	63%	8%	10%	14%	31%
FUTALEUFU	24%	61%	8%	9%	14%	30%
RIO NEGRO	20%	62%	10%	4%	21%	28%
CHUBUT	19%	58%	6%	10%	15%	27%
SENGUER	18%	53%	5%	9%	10%	29%
SAN JUAN	16%	67%	5%	10%	17%	36%
BEBEDERO	15%	67%	9%	8%	18%	33%
LLANURA NORTE	12%	62%	9%	7%	18%	28%
QUINTO	12%	62%	9%	7%	18%	29%
CONLARA	12%	64%	9%	8%	18%	29%
VILANCE	12%	65%	9%	8%	18%	30%
AMIEVA	12%	62%	9%	8%	18%	28%

Siguiendo los mismos criterios, se muestran los resultados de un ejemplo de ponderación de los indicadores mencionados, agrupados en los cuatro temas (clima, suelo, agua y socio-económico), para la cuenca del río Chubut.

La cuenca del río Chubut, se encuentra dividida en la Alta y la Media (donde el río no está regulado), mientras que la cuenca Baja cuenta con una importante obra de regulación, como es el dique Ameghino, permitiendo ésta una garantía de agua, para el desarrollo de nuevas áreas de riego.

Cuadro N°70. Ponderación de indicadores por área de riego (Chubut)

	Ponderación				
	Clima	Suelo	Agua	Social	Total
CHUBUT	6%	10%	15%	27%	58%
FOFO CAHUEL	6%	9%	11%	25%	51%
GUALJAINA	6%	9%	11%	26%	52%
LEPA	6%	9%	11%	25%	51%
LOS ALTARES	6%	8%	11%	23%	47%
MAITÉN	6%	10%	13%	28%	56%
MARTIRES	6%	8%	11%	26%	51%
MESETA	6%	13%	22%	30%	71%
PASO DE INDIO	6%	9%	11%	26%	52%
PASO DEL SAPO	6%	9%	11%	26%	52%
TECKA	6%	9%	11%	28%	53%
VIRCH	6%	13%	22%	34%	74%

Puede observarse que de la ponderación surgiría que en el caso de Chubut las áreas del VIRCH y de la Meseta serían las priorizadas.

G. Resumen de los resultados

Sobre la base de los resultados analizados, se resumen a continuación los montos de inversión estimados para las implementación de las nuevas áreas con potencial (Ver detalle en Anexo).

Cuadro N°71. Inversiones viables totales por Cuenca

	Superficie Viabe a Ampliar (has)	Inversión Total (Evaluación Económica) (MM USD)	Inversión Total (MM USD)
Quinto	39.546	314	326
Chubut	56.700	447	518
Rio Pico	500	3	3
Puelo	1.500	8	8
Corcovado	1.500	8	8
San Juan	20.680	190	595
Conlara	10.596	79	82
Vilance	4.368	30	32
Llanura Norte	45.536	338	367
Amieva	2.077	14	15
Bebedero	1.000	6	6
Neuquen	171.557	1019	1.019
Limay	97.450	658	658
Rio Negro	431.588	4027	4.027
Furalefu	5.000	32	31
Senger	25.500	213	364
	915.098	7.386	8.057

H. Estudio de Caso: Nuevas Áreas.

Proyecto Patagonia, Neuquén.

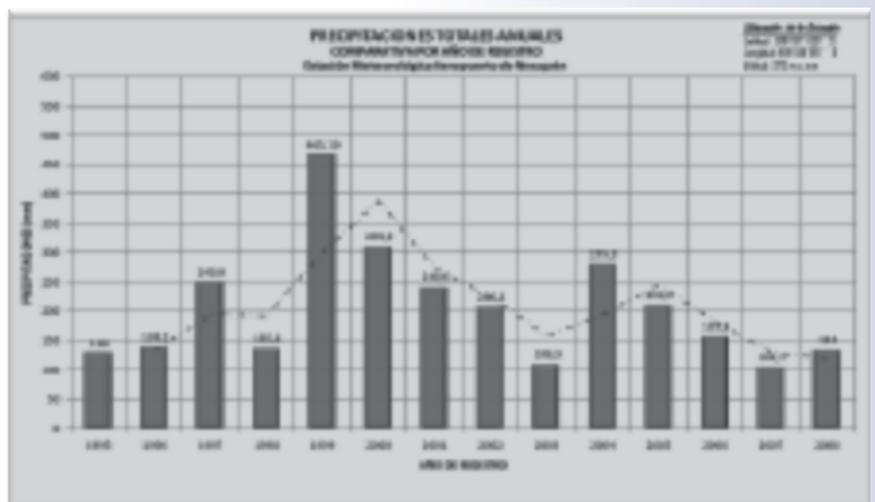
A continuación se muestra el proyecto Patagonia Sustentable, ubicado en el suroeste del Departamento de Confluencia, a 16 km de la localidad de Senillosa, provincia de Neuquén. Desarrollará una producción de cereales y oleaginosas sobre 8.563 ha, de un total de 4.911 ha relevadas, en la Estancia Spinetto: transformará tierras semidesérticas en tierras aptas para la producción agropecuaria, a través de la instalación de sistemas de riego por aspersión, goteo y siembra directa (ver Anexo 9).

Clima. El área se encuentra en un clima Semiárido de Meseta. Este tipo de clima, constituye una transición hacia el clima árido patagónico. Se caracteriza por una significativa amplitud térmica diaria y anual, déficit hídrico pronunciado, con precipitaciones anuales medias que no superan los 300 mm/año, a lo que se suman las elevadas temperaturas y la baja humedad (genera un elevado índice de evapotranspiración). Los vientos dominantes son del cuadrante Oeste-Suroeste.

Temperatura. La temperatura media anual es de 15,5 °C, lo que corresponde a un clima templado o templado fresco. Las bajas temperaturas de invierno se hallan en relación con el ingreso de aire frío proveniente del Océano Pacífico. El carácter riguroso del clima, se manifiesta más de 30 heladas al año.

Precipitaciones. El régimen pluvial tiene máximas en otoño e invierno, con efectos fuertemente erosivos; pero la media no supera los 260 mm, ubicando a la región dentro de la franja seca de Argentina, con climas semiárido o árido de estepa.

Cuadro Nº 72. Precipitaciones



Humedad. La humedad promedio anual es de 52,9 %. En verano, época seca, los valores se encuentran en 35%; y en invierno, la máxima no supera el 75%.

Evapotranspiración. Excede durante el año los valores pluviométricos. El déficit de agua, es particularmente intenso en verano. La combinación de la baja radiación con bajas temperaturas, causa un escaso desarrollo del crecimiento vegetal.

Vientos. Se caracteriza por la persistencia e intensidad de los vientos del Oeste y Suroeste. También se observa, una frecuencia alta de los vientos proveniente del sector Sur, durante los meses de noviembre, diciembre y enero.

Cuadro Nº 73. Vientos



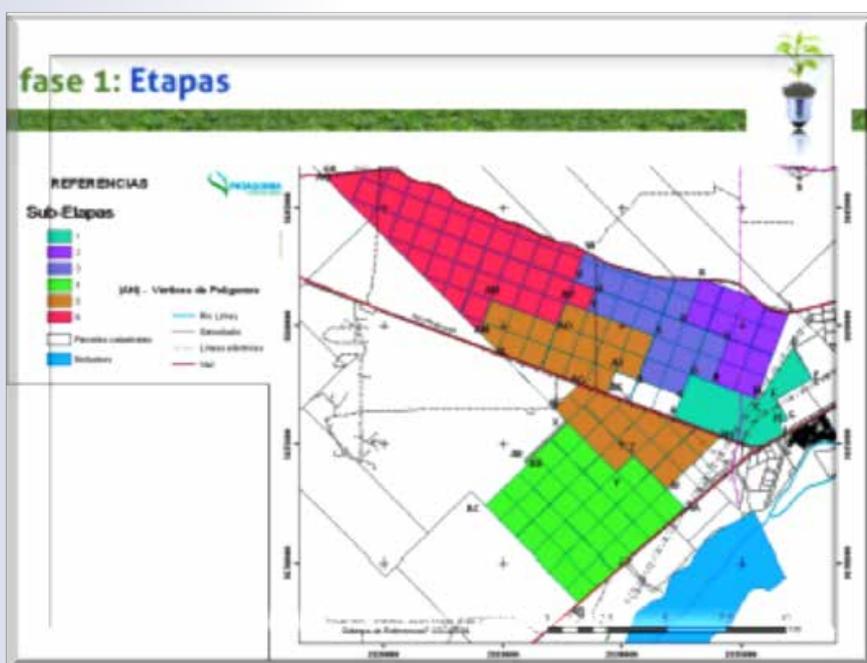
Suelos. Corresponden a suelos Aridisoles y Entisoles (son dominantes los Torriortentes típicos y Torrifluventes típicos).

Cultivos. Los cultivos pueden realizarse en siembra directa. Debe plantearse una rotación, considerando las características productivas de la región, como régimen hídrico, período libre de heladas, temperaturas, capacidad de acumulación de agua de los suelos y textura, entre otras.

Energía. El proyecto demandará en su primera etapa 4 MW y a su finalización va a demandar 11 MW. Para conectar la primera etapa, habrá que hacer una obra de media tensión, desde la central de Arroyito hasta el campo; y para disponer de la totalidad de la energía demandada, hacen falta algunas obras mayores desde un centro de conexión en Cutral Co.

Agua. El proyecto Patagonia Sustentable, posee poder de policía para captación de agua, desde el derivador del Limay y el lago compensador de Arroyito por 11 m³.

Cuadro Nº 74. Primera fase del Proyecto Arroyito.



Proyecto. El objetivo es abastecer proteínas animales: la demanda actual del mercado aviar es de 4.800 toneladas, de cerdos 24.800 y carne vacuna 32.000, que demandarían a su vez 397.900 toneladas de maíz. La idea es sustituir las importaciones de materia prima que utilizan feedlots, cabañas de cerdos, aves, etc. Se realizará en seis etapas anuales: etapa 1 (501 ha), etapa 2 (676 ha), etapa 3 (1.350 ha), etapa 4 (2.012 ha), etapa 5 (2.012 ha) y etapa 6 (2.012 ha).

Costos asociados. Se consideran costos asociados a la inversión de desarrollo, la compra o valor del campo, las obras de infraestructura hidráulica en captación y conducción interna, así como la infraestructura eléctrica. En desarrollo, implementación y equipos de riego; en caso de corresponder, se suma el desmonte o remoción de la vegetación, emparejado y acondicionamiento necesario, para realizar el primer cultivo (ver Anexo 9).

Estructura de costos. El caso del maíz se analizó en particular, por ser el cultivo de mayor potencial de desarrollo en la región. El rubro que mayor ponderación posee es el riego: tiene varios aspectos a considerar, como el costo de la energía con que se eleva el agua, la eficiencia de riego por desarrollo de suelo y las condiciones topográficas.

Como conclusión: las variables de un proyecto de áreas nuevas, coinciden con las que se estimaron para priorizar las superficies de cada cuenca. En el mismo sentido, existe una estructura de costos similares a los analizados, que deben considerarse a la hora de analizar la viabilidad de proyectos futuros.

Resumen

Cuadro N° 75. Resumen Nuevas Áreas

NUEVAS ÁREAS DE RIEGO	
Nº de Cuencas actuales	101
Potenciales Nuevas Áreas	119
Potenciales Nuevas Áreas en ha	1.562.596 ha
Potenciales Nuevas Áreas Viables	915.100 ha
Cuencas disponibles con potencial de ampliación	27
Inversión Total Viable	7.386 MM USD

Más detalles de los análisis por cuenca, pueden observarse en el Anexo 2 y sus Apéndices, al igual que las evaluaciones realizadas.

Capítulo IV

RIEGO COMPLEMENTARIO

El objetivo principal de este apartado, fue identificar el potencial de ampliación del área irrigada existente, a través de riego complementario en zonas actualmente bajo producción en secano.

Cabe destacar que el riego complementario es una de las tecnologías capaces de provocar mayor impacto productivo, permitiendo al mismo tiempo aumentar el rendimiento, disminuir la variabilidad interanual a la vez de posibilitar una adecuada planificación de los cultivos y rotaciones.

El área de estudio elegida, abarca una superficie de 696.200 km². Comprende ocho provincias: Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Chaco, Santa Fe, Este de Santiago del Estero y Córdoba.

Cuadro Nº76. Zona de estudio Riego Complementario



Fuente: INA

Este territorio fundamentalmente se encuentra destinado en la actualidad al cultivo de cereales. La principal limitante de la producción agrícola, es precisamente la deficiencia hídrica; no sólo por la variabilidad de las precipitaciones, sino también por los bajos niveles de aprovechamiento del agua, debido a la degradación de los suelos.

Para determinar el área potencial bajo riego complementario, se partió del relevamiento de información base, que comprende aspectos hidrológicos, productivos agronómicos, de medio ambiente, de infraestructura existente; además de aspectos económicos, legales, institucionales y sociales. A continuación, se definió la infraestructura necesaria, los costos relacionados y la evaluación económica de las inversiones; volcándose esta información a la Herramienta Multicriterio, para su procesamiento y posterior análisis.

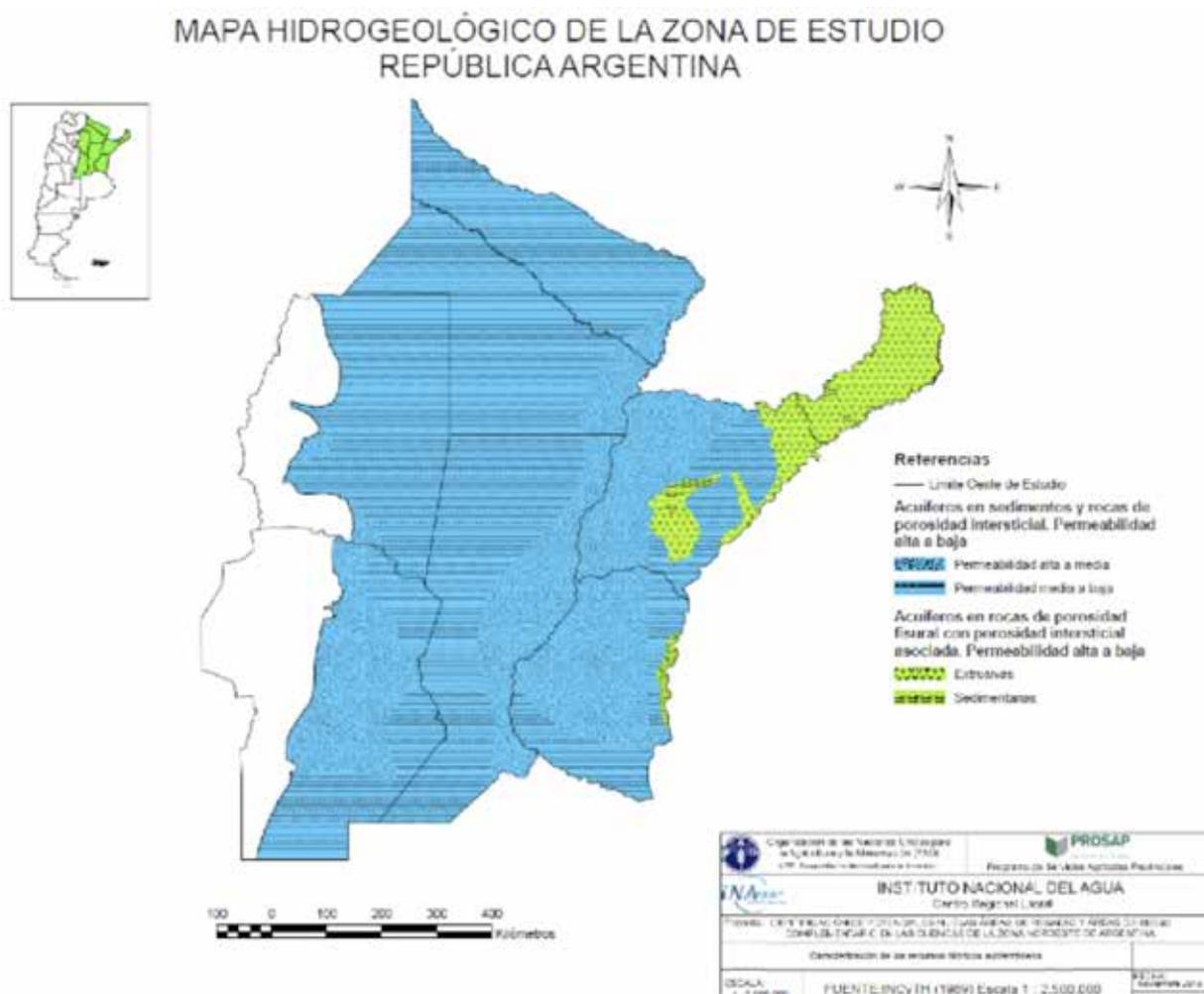
A. Disponibilidad Hídrica

Las cuencas de la zona noreste de Argentina, presentan disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos, condiciones agroecológicas y edafológicas propicias, que colaboran con un incremento sostenible de producción de materias primas.

a) Agua Subterránea

El Instituto Nacional de Agua (INA), realizó un estudio hidrológico (ver Anexo 4.Apéndice ii), donde contempló la aplicación de modelos para la evaluación de recursos hídricos, cuantificación correspondiente y análisis de demandas, con realización posterior de balances hídricos.

Cuadro N°77. Mapa Hidrogeológico de la zona de Estudio



Fuente: INCyT, 1989

A continuación pueden observarse los datos generales de cada provincia involucrada, en cuanto a disponibilidad de agua subterránea.

• Provincia de Misiones

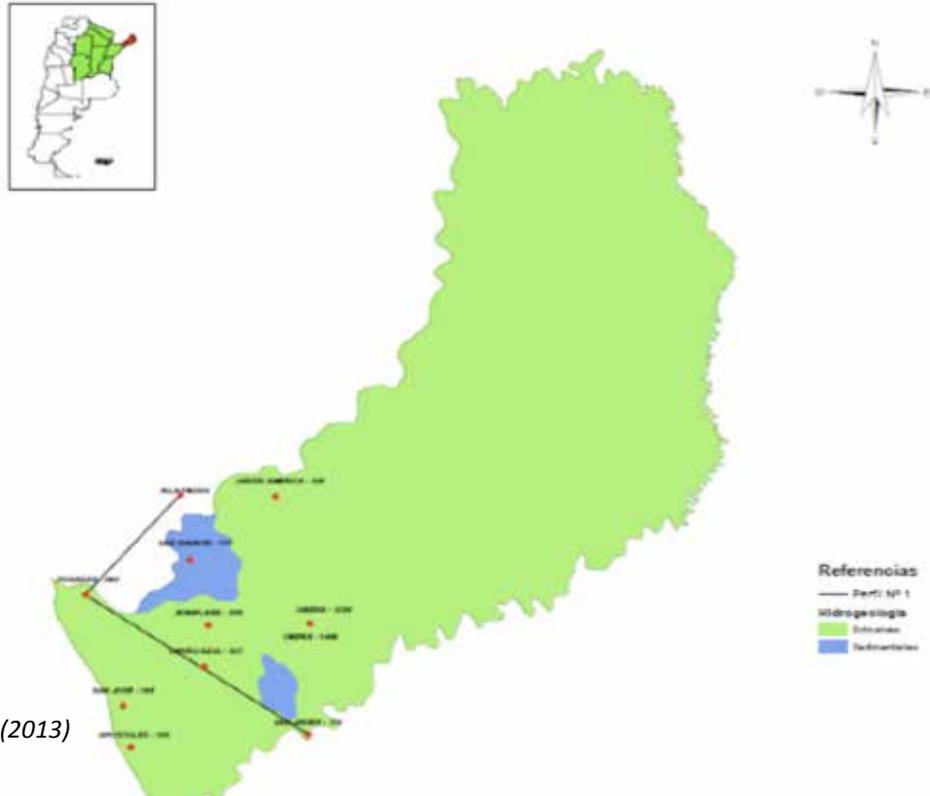
El clima en la región está caracterizado como subtropical húmedo sin estación seca; la precipitación anual media es de 1.740 mm/año y se distribuye casi uniformemente en las cuatro estaciones del año. La evapotranspiración anual media estimada, es de 1.000 mm/año, lo que da como resultado un excedente de 740 mm/año, que constituye la causa principal de la abundancia de aguas superficiales en la región. También se estimó que el 12% de la precipitación se infiltra (200 mm/año), generando una recarga para los acuíferos, siempre y cuando la conformación geológica permita su almacenamiento.

Los acuíferos observados, se pueden dividir en someros y profundos.

Los acuíferos someros, corresponden al freático de la formación Apóstoles, y se comportan como acuíferos libres. Sus caudales varían entre 5 a 10 m³/hora, y son utilizados para suministro de agua potable. No se utilizan para riego.

Los acuíferos profundos, corresponden a la formación Serra Geral (Miembro Solari) y a la formación Misiones o Botucatú. Conforman un acuífero multicapa y se encuentran a profundidades de entre 100 y 400 m.

Cuadro N°78. Caracterización Recursos Hídricos Subterráneos (Misiones).



Fuente: INCyT (1989),
adaptado con SIG, INA (2013)

• **Provincia de Corrientes**

El clima es subtropical húmedo sin estación seca, siendo la precipitación anual media del orden de los 1.380 mm. El 12% de la precipitación se infiltra (160 mm/año), generando una recarga para los acuíferos, siempre y cuando la conformación geológica permita su almacenamiento.

La explotación de agua subterránea con destino a riego complementario, es casi nula, se limita al acuífero Ituzaingó, de una superficie aproximada de 3.156.000 ha, único con capacidad para sustentar la explotación de agua subterránea destinada a riego.

El acuífero Ituzaingó, con caudales del orden de 100 a 500 m³/h, calidades físico-químicas aptas para riego complementario, y conductividad eléctrica menor a 300 µS/cm, no se encuentra sobreexplotado.

Los ambientes de rocas fisuradas (basaltos), en especial el Centro-Este de la provincia, presentan caudales bajos con aguas de buena calidad química, lo que las hace aptas para riego de pequeñas superficies.

Cuadro N°79. Área recomendada riego agua subterránea (Corrientes).



Fuente: INA CRL (2013)

• **Provincia de Entre Ríos**

La provincia de Entre Ríos, depende para su desarrollo fundamentalmente de aguas subterráneas.

Las estimaciones de las reservas, se basaron en asumir un porcentaje de las precipitaciones que ingresan al acuífero como recarga vertical.

Cuadro N°80. Estimación de recarga de acuíferos (Entre Ríos).

Fm. Acuífero	Precipitación Anual Media (mm)	Relación recarga/precipitación (%)	Recarga Anual o reserva reguladora
s. Chico Norte	1200	4	48
S. Chico Sur	900	6	54
Ituzaingo	1150	3	34
Paraná	950	5	48

Fuente: INA (2013)

Tomando en cuenta los antecedentes recopilados, tanto de la calidad físico-química de los caudales y de la recarga a los acuíferos, se considera conveniente utilizar los sistemas vinculados al acuífero Salto Chico (con la salvedad de que la conductividad eléctrica de las aguas subterráneas, aumenta hacia el Norte en los alrededores de Federal y San José de Feliciano), siendo el área con mayores condiciones, desde el punto de vista del agua subterránea.

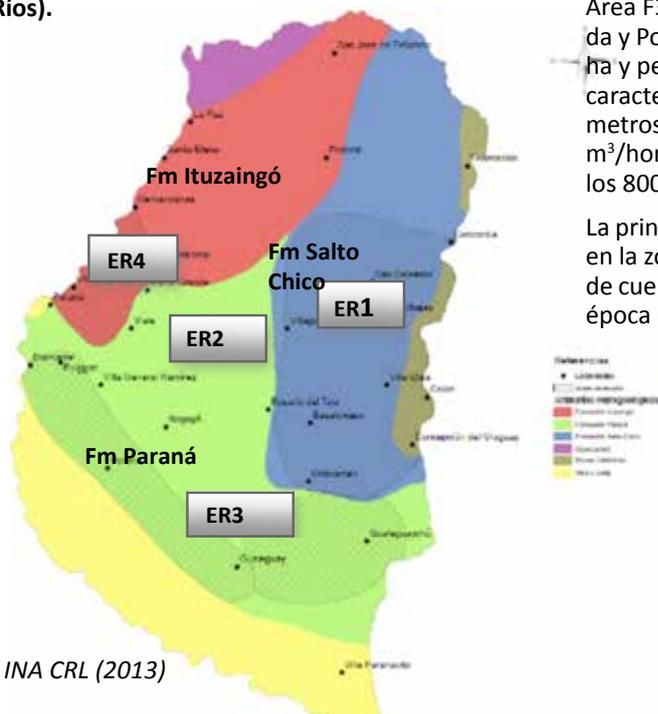
Los caudales de explotación para el acuífero Salto Chico, oscilan entre 170 y 600 m³/h, con un valor medio de 370 m³/h; y las extracciones anuales, son del orden de los 600 hm³/año.

En un segundo orden, se encuentra el acuífero de la formación Paraná, desde la localidad de Victoria hacia el Sureste, con caudales buenos y mayor contenido salino, pero con una tradición en el riego complementario.

La formación Paraná, presenta aguas con mediano a alto riesgo de salinización, y caudales que oscilan entre 100 y 200 m³/h. Actualmente, se destina a riego de cultivos extensivos. Son recomendables caudales de explotación del orden de 150 a 200 m³/h (ER3).

En aguas subterráneas de la formación Ituzaingó (Entre Ríos), se presentan limitaciones de caudales de explotación: para el acuífero Ituzaingó, en general no superan los 80 a 100 m³/h (ER4).

Cuadro N°81. Área recomendada riego agua subterránea (Entre Ríos).



Fuente: INA CRL (2013)

• Provincia de Formosa

El agua subterránea se encuentra en varios niveles y a diferentes profundidades, dependiendo de las características hidrogeológicas. Se proponen tres áreas para profundizar las investigaciones hidrogeológicas con fines de riego (F1, F2 y F3).

Área F1, que corresponde al acuífero Pucú, de una superficie aproximada de 196.000 hectáreas, presenta las siguientes características: profundidad de las perforaciones inferiores a 50 metros; caudales de explotación variables entre 25 a 30 m³/hora; y conductividad eléctrica, en general inferior a 600 μS/cm. La recarga de estos acuíferos, proviene de una fuente de agua superficial (río Paraguay) y de las precipitaciones.

Para la estimación de la reserva reguladora del acuífero Pucú, se consideró un coeficiente de infiltración del 8% (del mismo orden de magnitud, en ambientes similares). Si se adopta una precipitación anual media de 1.300 mm, resulta una recarga o lámina ingresada al acuífero de 104 mm/año.

Área F2, con una superficie aproximada de 42.000 hectáreas, se ubica en el sector Oeste, donde aparece el acuífero Terciario Subandino. La conductividad eléctrica, varía entre 900 a 2.200 μS/cm. La recarga es alóctona y proviene del pie de las sierras subandinas. No se dispone de datos suficientes, para estimar reservas. La aptitud del agua destinada a riego resulta C3S1.

Área F3, se encuentra entre las localidades de Vaca Perdida y Pozo Maza, con una superficie aproximada de 10.000 ha y pertenece al acuífero Tuyuyú. Presenta las siguientes características: el espesor de interés, varía entre 15 y 40 metros de profundidad; el caudal explotable, ronda los 30 m³/hora; y la conductividad eléctrica, oscila alrededor de los 800 μS/cm.

La principal fuente de recarga, proviene del río Pilcomayo, en la zona apical del reservorio, y a partir de la infiltración de cuerpos de agua superficiales que se forman durante la época estival (lagunas, bañados, madrejones y cañadas).

Cuadro N°82. Área recomendada riego con agua subterránea (Formosa).



Fuente: INA CRL (2013)

• Provincia de Chaco

Con respecto al aprovechamiento del agua subterránea, la provincia no presenta en general aptitud en cantidad y calidad, para el riego complementario de cereales. Se seleccionaron dos áreas, ubicadas al Este y al Oeste de la provincia, denominadas CH1 y CH2, con posibilidades para realizar estudios de detalle, tendientes al uso del riego complementario.

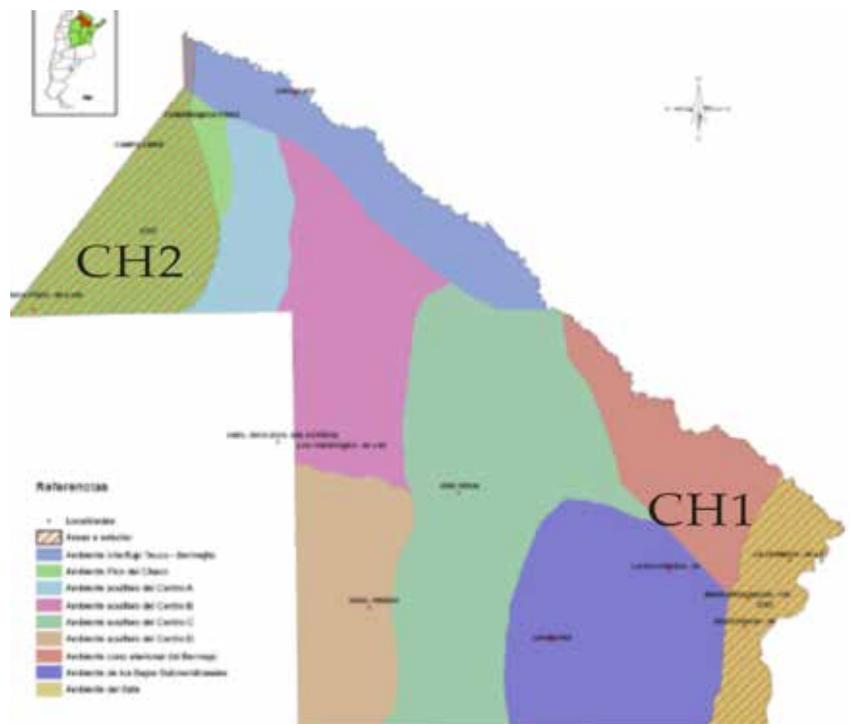
Área del Este (CH1): con una superficie de 552.500 ha, está constituido por acuíferos freáticos y semiconfinados, con profundidades medias de 25 metros, y caudales de explotación de aproximadamente 40 m³/hora. La profundidad del agua, varía entre 3 y 7 metros. La calidad del agua es generalmente buena, con presencia de hierro.

Para la estimación de la recarga anual al acuífero del Este, se consideró una precipitación anual media de 1.300 mm, y un coeficiente de infiltración del 10%. La lámina ingresada al acuífero, equivalente a las reservas reguladoras, resultó de 130 mm/año.

Área del Oeste (CH2): con una superficie aproximada de 942.000 ha, se encuentra en el ambiente de Pico del Chaco, constituido por acuíferos explotables, cuyo comportamiento hidráulico es semiconfinadomultiunitario. La profundidad varía entre 80 a 300 metros y los caudales son superiores a 150 m³/hora. La profundidad del agua, oscila entre 9 a 12 metros, presentando una zonación química inversa.

Para estimar la recarga anual del acuífero del Oeste, se carece de información específica, en cuanto a realizar la evaluación de la reserva reguladora, ya que la procedencia de la recarga es alóctona a la región.

Cuadro N°83. Área recomendada riego con agua subterránea (Chaco).



Fuente: INA CRL (2013)

● Provincia de Santa Fe

Del análisis de los antecedentes, en base a características hidrogeológicas, caudales explotables y calidad del agua (sales totales), se delimitaron cuatro áreas para estudiar las potencialidades en riego complementario, identificadas como SF1, SF2, SF3 y SF4.

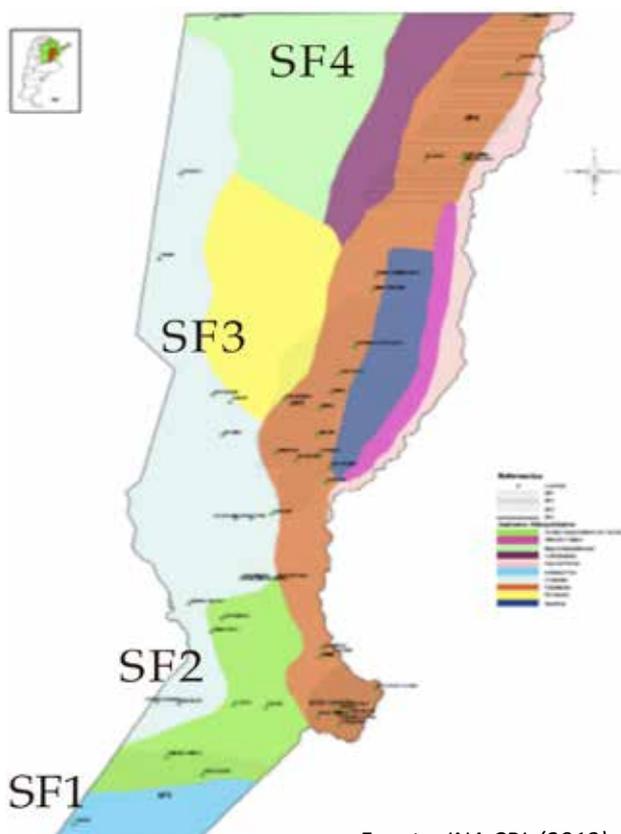
SF1: acuífero de formación Pampeano, con 832.800 ha, corresponde a un sector constituido por acuíferos libres o semiconfinados, heterogéneos y de multicapas, con profundidades entre 10 y 100 m, y caudales de explotación entre 5-30 m³/hora y 50-60 m³/hora. El volumen anual de reserva reguladora es de 691 hm³ (cada hectárea puede ser regada con lámina de 80 mm).

SF2: acuíferos de las formaciones Pampeano y Arenas Puelches, con 242.400 ha, corresponde a acuíferos semiconfinados o confinados, con caudales de explotación entre 3 y 8 m³/día. El volumen anual de reserva reguladora es de 200 hm³ (cada hectárea puede ser regada con una lámina de 80 mm).

SF3: acuífero de la formación Arenas Puelches, con una superficie de 870.650 ha, corresponde a un sector constituido por acuíferos semiconfinados a confinados, con caudales de explotación del orden de los 100 m³/hora. Las profundidades de explotación son variables (entre 30 y 50 m). El volumen anual de reserva reguladora es de 712 hm³ (cada hectárea puede ser regada con una lámina de 80 mm).

SF4: acuífero de la formación Arenas Puelches, con una superficie de 965.100 ha, corresponde a un sector constituido por acuíferos semiconfinados o confinados, con caudales de explotación del orden de los 100 m³/hora. Las profundidades de explotación son variables entre 30 y 50 m. El volumen anual de reserva reguladora es de 927 hm³ (cada hectárea puede ser regada con una lámina de 96 mm).

Cuadro N°84. Área recomendada riego con agua subterránea (Santa Fe).

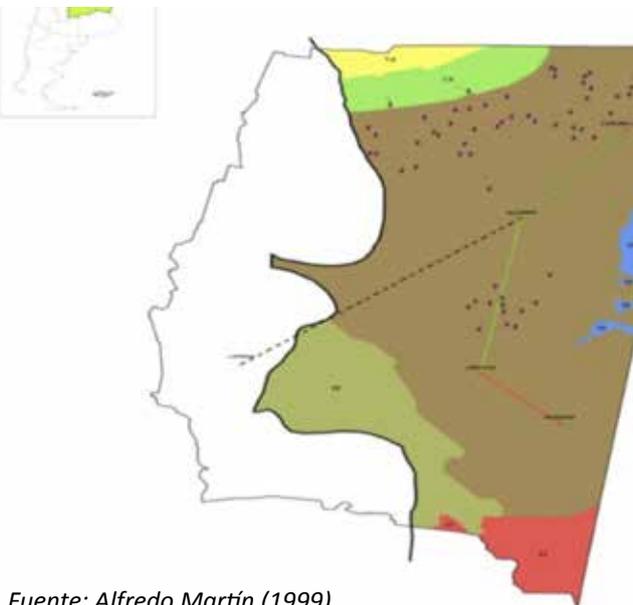


Fuente: INA CRL (2013)

● Provincia de Santiago del Estero

Los acuíferos en la provincia de Santiago del Estero, son en general de escaso interés para el riego complementario de cultivos extensivos, ya que existen limitaciones en calidad y cantidad de las aguas subterráneas. Por ello no se proponen áreas de estudio.

Cuadro N°85. Estructuras Hidrogeológicas de Santiago del Estero



Fuente: Alfredo Martín (1999)

En el sector Este no se realiza riego complementario de cultivos extensivos.

El borde medio del abanico aluvial del río Salado, presenta caudales que pueden superar los 140 a 160 m³/hora, con limitaciones derivadas de su aptitud (>Na y As).

● Provincia de Córdoba

En la región central de Córdoba, las aguas utilizadas en riego complementario presentan, por lo general, un bajo riesgo de salinización y sodificación de los suelos. Hacia el Este, la calidad desmejora, por lo que es necesario estudiar su hidrogeología.

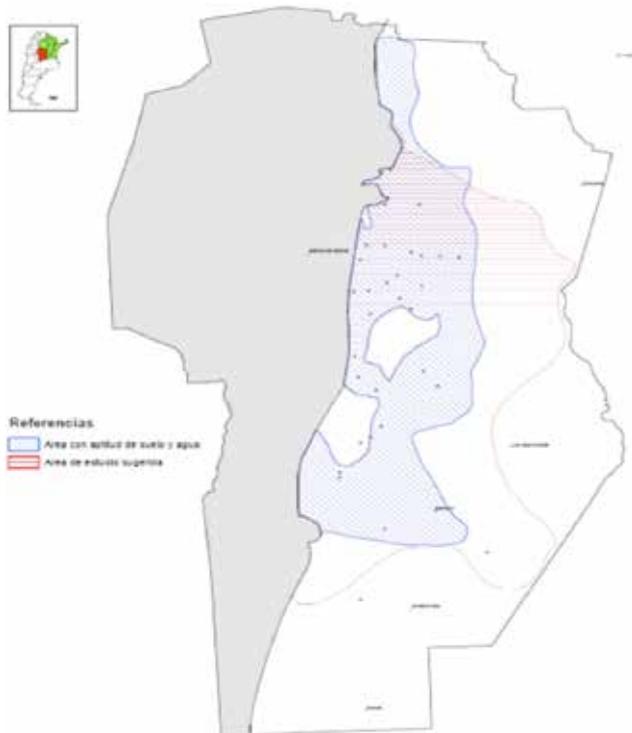
Los valores de conductividad eléctrica, oscilan principalmente entre 400 y 1.000 µS/cm.

Las mejores zonas de la provincia, corresponde a áreas de influencia de los ríos Suquía y Xanaes, advirtiéndose un marcado deterioro de Oeste a Este.

Las profundidades de las perforaciones, llegan comúnmente a los 100 a 150 metros, existiendo posibilidades de profundidades mayores de 250 m a 350 m, y los caudales pueden alcanzar valores entre 100 y 25 m³/hora.

La zona ubicada al Oeste, aledaña a las sierras, presenta mejores calidades de aguas para riego, pudiéndose utilizar acuíferos de los cuerpos superior e inferior. Sus conductividades oscilan principalmente entre 750 y 1.500 µS/cm.

Cuadro N°86. Área recomendada riego con agua subterránea (Córdoba).



Fuente: INA CRL (2013)

• **Precipitaciones**

Por la disponibilidad de registros, se utilizó el periodo 1971-2010. De esta manera, pudo obtenerse una longitud de registros suficientemente larga, para caracterizar las precipitaciones, determinándose en las estaciones analizadas, los valores de precipitación medias mensuales y anuales.

En

b) Aguas Superficiales

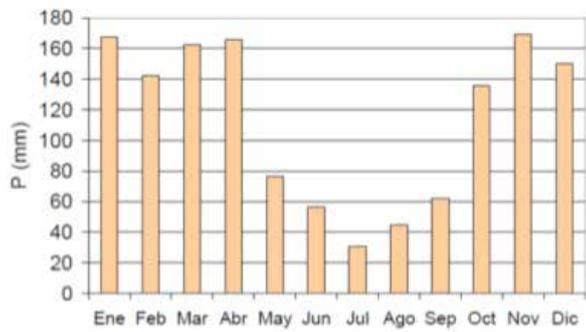
En cuanto a la disponibilidad de agua superficial, se realizó un diagnóstico de cada provincia. Para hacer el estudio hidrológico, se contempló la aplicación de modelos, evaluación de recursos hídricos (precipitación, escurrimiento, caudal), cuantificación de las demandas, y posibilidad de realización posterior de balances hídricos (ver Anexo 4.i)

La información hidrológica e hidrometeorológica de mayor interés para el área de estudio, se corresponde con los datos de caudal, precipitación y de aquellas características físicas de las cuencas que influyen en el escurrimiento.

Cuadro N°87. Sistemas Hídricos principales en Noreste de Argentina

Fuente: INA (2013)

Cuadro Nº89. Precipitación media. Colonia Benítez. 1971-2000.



Fuente: INA, 2013.

Con respecto a la precipitación media mensual, la tendencia general en la región indica mínimos en invierno y máximos en verano-otoño, no homogéneo desde el punto de vista de la disminución invernal de las lluvias.

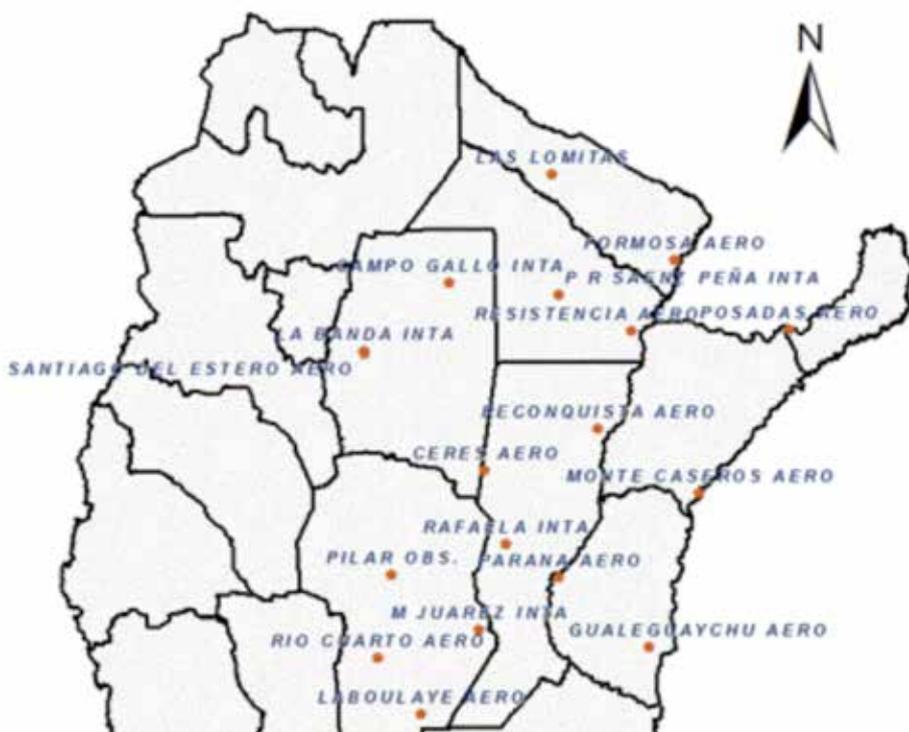
• Determinación de años característicos

Se definen como años característicos de una serie histórica, a los años húmedos, típicos y secos.

En una estación, el año húmedo es aquel que se aleja de la precipitación media anual por exceso, con una determinada recurrencia o probabilidad. El año seco es aquel que se aleja de la media por defecto, con una determinada recurrencia o probabilidad. El año típico se acerca al valor medio.

Para determinar los años característicos, se hizo un análisis estadístico en 18 estaciones climáticas, representativas del área de estudio.

Cuadro Nº90. Estaciones de precipitación analizadas.

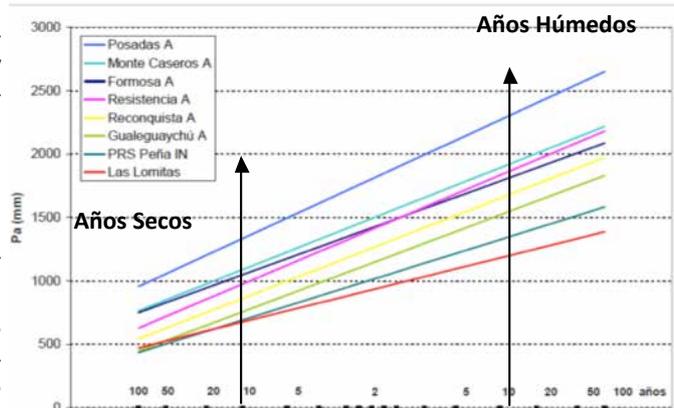


Fuente: INA, 2013

Dada la alta variabilidad a nivel anual y mensual, se determinaron años reales característicos de condiciones húmedas, medias y secas, con el propósito de identificar necesidades de riego complementario bajo estas condiciones. Del análisis se concluye que no existen años reales húmedos y secos capaces de abarcar a toda la región con la misma probabilidad, indicando que las condiciones de excesos o déficits de agua, deben considerarse y gestionarse por subregiones menores.

A modo de ejemplo, se muestra la determinación de los años característicos de la zona Norte y Este de la región en estudio.

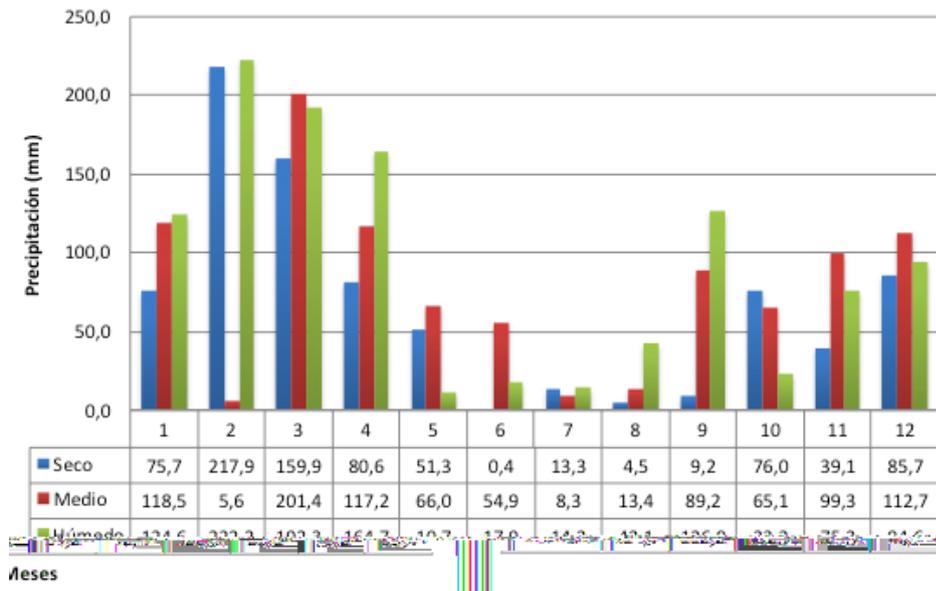
Cuadro Nº91. Años característicos Zona Norte y Este de región.



Fuente: INA, 2013

Para cada estación, se graficaron valores de lluvia mensual de años secos, medios y húmedos (se muestran valores de Las Lomitas).

Cuadro N°92. Lluvia mensual (años seco, medio y húmedo). Las Lomitas.



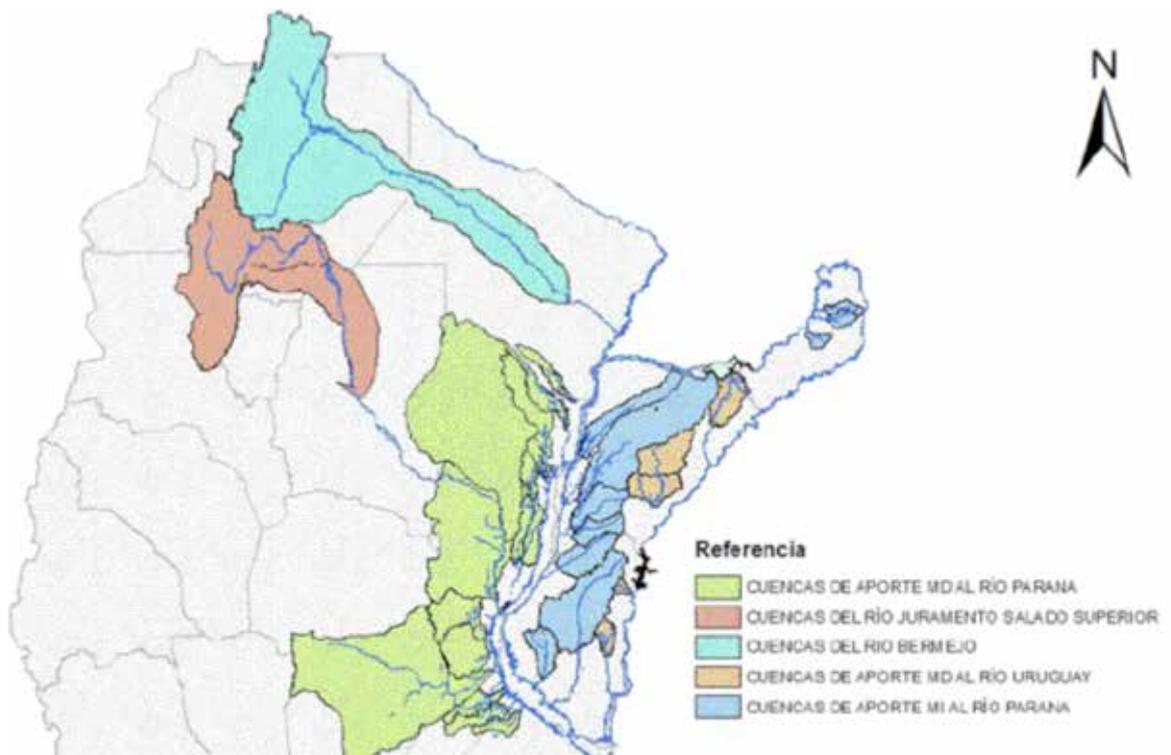
Fuente: INA, 2013

• **Análisis del régimen de escurrimiento**

En relación a la disponibilidad de aguas superficiales, en la región hay tres grandes sistemas hídricos, correspondientes a las cuencas de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, con la particularidad de que los ríos principales del mismo nombre, se alimentan mayoritariamente de aportes externos a la región y fuera del territorio argentino, por lo cual son analizados en forma independiente, con los registros de sus estaciones en Argentina (ver Anexo).

Para las áreas interiores a la región en estudio, las cuencas se dividieron en aportes de margen izquierda y derecha del río Paraná, aportes de margen derecha del río Uruguay, y aporte de margen derecha del río Paraguay.

Cuadro N°93. Cuencas y subcuencas con información de caudales.



Fuente: INA, 2013

• **Caudales mensuales y anuales**

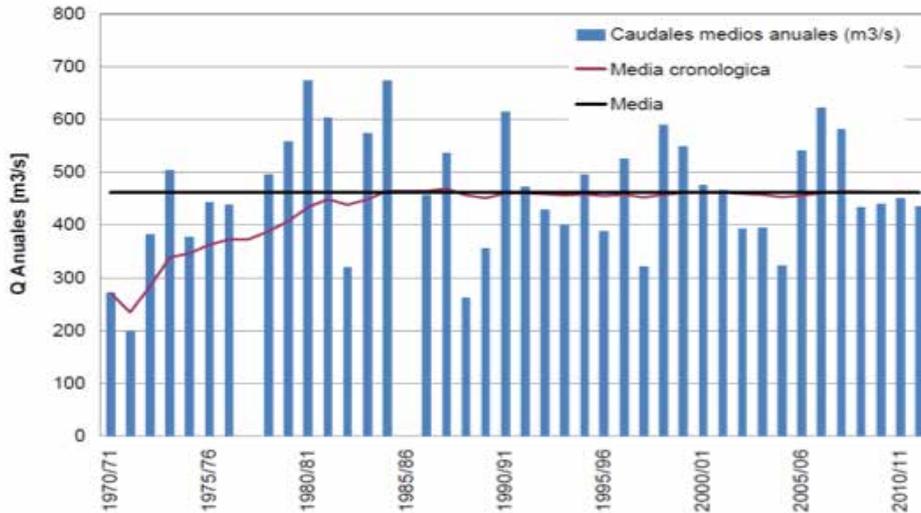
Se obtuvieron Tablas con caudales mensuales y anuales, volúmenes y porcentajes de permanencia de caudales mensuales.

Para completar el análisis, se realizaron test de homogeneidad, curvas de permanencia de caudales, y curvas de caudales mensuales adimensionales.

Se consideraron años hidrológicos desde septiembre a agosto, para el periodo 1970-2012. A los fines de incrementar el número de caudales anuales disponibles, se completaron los caudales mensuales en las estaciones donde los registros eran incompletos.

Se muestran a continuación, los caudales anuales y medios, obtenidos para el río Bermejo en El Colorado.

Cuadro N°94. Caudales (m³/s) río Bermejo en El Colorado.



Fuente: INA, 2013

• **Curvas de permanencia de caudales**

A partir de los caudales mensuales, se confeccionaron curvas de permanencia de caudales para cada estación, dividiendo el análisis en grandes ríos y sus afluentes.

La siguiente Tabla, presenta los datos de una curva de caudales como porcentajes del módulo, para los distintos tiempos de los ríos analizados (Iguazú, Paraguay, Paraná y Uruguay).

Cuadro N°95. Curva de caudales como porcentaje del módulo.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	Q anual (m³/s)
Iguazú	Pto. Andresito	190	130	115	105	89	79	71	64	60	56	45	1719
Paraguay	Pto Pilcomayo	168	124	116	111	100	90	82	74	69	65	50	3924
Paraná	Itati	138	118	112	107	98	92	86	82	80	77	72	13922
Paraná	Corrientes	137	119	112	108	100	94	87	82	79	76	70	18980
Paraná	Pna-Santa Fe	135	120	114	109	101	93	89	84	81	78	69	19001
Uruguay	El Soberbio	206	150	135	117	93	77	66	54	47	41	26	2366
Uruguay	Garruchos	203	147	131	117	92	77	63	51	47	41	29	3107
Uruguay	Paso Libres	200	151	133	120	98	81	67	52	45	39	25	4726

Fuente: INA, 2013

En el caso de los afluentes, el análisis se realizó agrupando estaciones por región.

Se muestran los resultados para las estaciones de la región de la margen izquierda del río Paraná y, además, la curva de permanencia media (más detalle en Anexo).

Cuadro N°96. Curva de caudales. Margen izquierda río Paraná.

Río	Lugar	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%
Piray mini	Valle Hermoso	261	162	140	115	87	66	45	25	18	13	7
Piray Guazú	Pinar Ciba	244	166	140	123	96	69	48	31	25	20	12
Paranay	El Alcazar	238	160	147	125	96	67	49	32	26	20	13
Santa Lucia	Santa Lucia	249	147	124	111	80	60	42	30	24	19	8
Corriente	Paso Lucero	222	153	135	119	95	76	59	42	35	28	12
Batel	Paso Cerrito	194	135	113	99	79	60	40	25	21	16	4
Corriente	Los Laureles	211	149	127	111	92	70	53	36	31	24	14
Barrancas	Paso la Llana	276	162	130	105	63	38	20	10	7	4	1
Guayquiraró	Paso Juncué	279	169	131	109	64	32	20	10	8	5	2
Feliciano	Paso Medica	294	162	114	97	54	35	17	10	6	4	3
Nogoyá	Ruta Pcial 11	238	140	116	90	66	46	30	19	16	12	10
Gualeguay	R, del Tala	295	154	120	93	58	41	24	13	11	9	5
Mediana		247	157	128	110	80	60	41	25	20	15	8

Fuente: INA, 2013

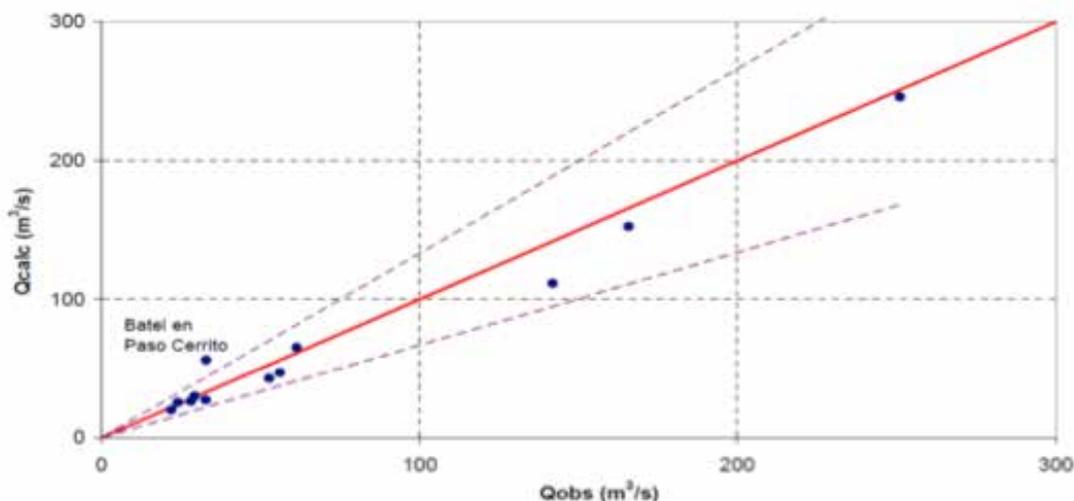
• **Regionalización de caudales medios**

Se efectuó un trabajo de regionalización de caudales medios anuales, basado en las áreas de aporte medidas, conjuntamente con su correlación de características climáticas y físicas, para encontrar ecuaciones regionales que vinculen el caudal medio anual con estas características, y hacer estimaciones de escurrimiento medio en aportes no aforados.

Debe considerarse que en muchas cuencas intervenidas con obras de infraestructura, pueden existir derivaciones de caudales, o aportes de caudales desde otras cuencas, que afectarían los caudales observados.

La metodología utilizada, consiste en ajustar sobre cada región hidrológicamente homogénea, ecuaciones de regresión múltiple, donde se establece la relación del caudal medio anual (Qa), con una serie de variables y parámetros independientes (precipitación, evapotranspiración, área, densidad de drenaje, índice de pendiente, etc.).

Cuadro N°97. Caudal anual estimado y precipitación. Margen izq. Paraná.



Fuente: INA, 2013

• **Análisis Probabilístico de Caudales**

Para el análisis probabilístico de caudales, en el estudio de disponibilidad de agua para riego, se utilizó el análisis de frecuencia (AF): así pudo determinarse para diferentes valores de caudales, la probabilidad anual de ser superados y de no ser alcanzados los mismos.

Se efectuó un análisis de homogeneidad y estacionalidad, a nivel de caudales en cada estación, a partir de test estadísticos de tipo paramétrico y no paramétrico.

Se calcularon los caudales correspondientes a las tres variables analizadas, que tienen probabilidad anual de ser superados del 50, 80, 90 o 95%.

Cuadro N°98. Caudales ríos principales.

Curso	Estación	Probabilidad Anual de ser Superado			
		50%	80%	90%	95%
Caudales medios anuales (m³/s)					
Iguazú	Puerto A.	1640,7	1269,4	1110,1	993,7
Paraguay	P. Pilcomayo	3705,5	2786,7	2401,1	2123,2
Paraguay	Pto. Bermejo	4559	3727,3	3354,8	3075,5
Paraná	Itatí	13628,7	11457,2	10463,6	9708,5
Paraná	Corrientes	18536,4	15435,7	14027,1	12961,6
Paraná	Santa Fe	18623,4	15734,8	14407,9	13397
Uruguay	El Soberbio	2193,7	1580,9	1332,2	1156,5
Uruguay	Garruchos	2891,1	2101,1	1778,2	1549,4
Uruguay	P. Libres	4367,4	3125,4	2623,9	2271,1

Fuente: INA (2013)

Al igual que para las series de caudales anuales y mensuales, se calcularon las series de caudales mínimos diarios en cada año por cada estación con los estadísticos muestrales.

Cuadro N°99. Caudales diarios mínimos margen izquierda al río Paraná.

Curso	Estación	N	Media (m³/s)	Desvío (m3/s)	CV	CK	Max (m³/s)	Min (m³/s)
Piray Mini	Valle Hermoso	32	0,7	0,4	0,7	2,6	1,71	0,02
Piray Guazú	Pinar Ciba	27	1,4	1,1	1,31	3,75	4,45	0,11
Paranay	El Alcazar	25	1	0,6	0,81	2,96	2,41	0,08
Santa Lucia	Santa Lucia	33	7,7	9,6	3,31	14,2	52,3	0,19
Corriente	Paso Lucero	26	37	34,2	1,33	4,26	144	2
Batel	Paso Cerrito	19	4,6	5,3	1,68	4,93	20,7	0
Corriente	Los Laureles	24	55,3	60,6	1,64	4,49	241	0
Barrancas	Paso la Llana	28	0,9	1,6	2,3	6,36	6,48	0
Guayquiraró	Paso Juncué	19	0,2	0,3	1,22	2,44	0,74	0
Feliciano	Paso Medica	27	0,8	0,6	0,91	2,73	2,47	0,04
Nogoyá	Ruta Pcial 11	22	2,2	1,4	1,79	6,33	6,9	0,01
Guauguay	R. del Tala	18	6,5	4,3	1	2,65	16,9	1,35

Fuente: INA (2013)

• Conclusiones sobre disponibilidad de las fuentes superficiales

Se realizó un análisis de frecuencia de caudales mensuales y de caudales mínimos anuales, que servirá de apoyo para avanzar en la prefactibilidad de obras de riego, dentro de la zona elegida.

Los grandes ríos de la región (Paraná, Paraguay, Uruguay), no tienen limitación en cantidad y calidad de agua para riego complementario. En todo caso, la limitación está dada por el requerimiento de obras de captación y distribución con bombeo, donde la distancia de aplicación es un factor importante.

Para el río Paraná y el Paraguay, la presencia de años secos o abundantes en escurrimiento, está determinada por el régimen de lluvias de sus cuencas de aporte fuera del territorio argentino y, en la mayoría de las situaciones, no guarda correspondencia con el estado de humedad de las cuencas interiores.

En los afluentes medianos-chicos, la cantidad y oportunidad de escurrimientos, puede resultar de interés como fuente de provisión de riego complementario.

Debe tenerse en cuenta que en estos cursos, el régimen de escurrimiento sí guarda directa relación con el régimen de lluvias de la región. Por lo tanto, cuando se presentan años secos o sucesión de meses sin lluvias (en que aumentan las demandas de riego complementario), seguramente el caudal disponible disminuirá.

Para los afluentes pequeños, los módulos anuales y aportes mensuales, en determinadas épocas del año son escasos, y la condición descrita anteriormente es crítica: se hace limitada la posibilidad de su aprovechamiento.

Se concluye que los grandes ríos de la región (Iguazú, Paraná, Paraguay y Uruguay) no tienen limitación en cantidad y calidad de agua, para suministrar riego complementario.

Los afluentes más importantes (Bermejo, Salado, Corriente, Miriñay, Guauguay, Carcarañá, Santa Lucia y Dulce), pueden resultar de interés como fuente de provisión de riego complementario.

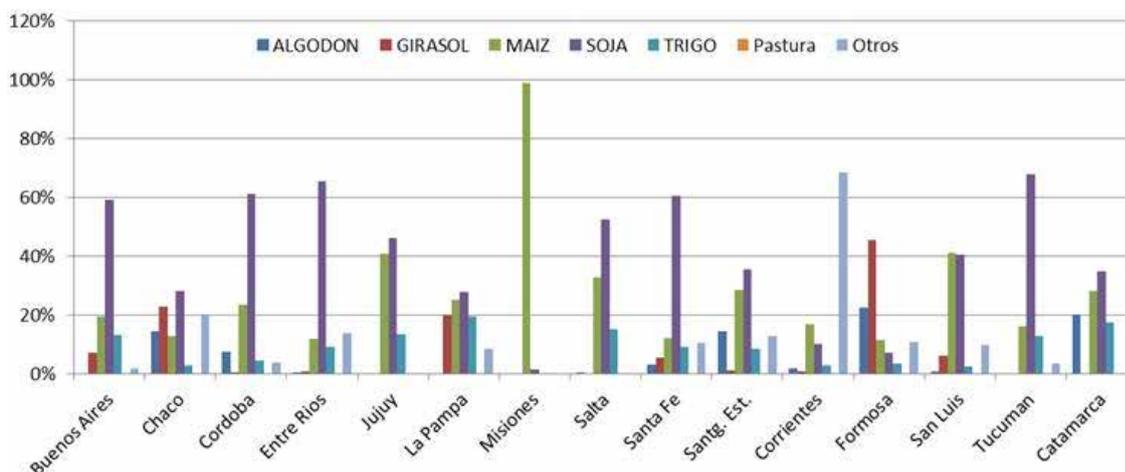
En los afluentes pequeños, los caudales durante algunas épocas del año son muy escasos, y el régimen de escurrimiento guarda directa relación con el régimen de lluvias, haciendo limitada la posibilidad de aprovecharlos.

B. Productiva /Agronómica

a) Línea Base y Escenarios Futuros

La línea de base para el análisis de riego complementario, parte de la determinación de las células de cultivo actuales, en cada una de los departamentos a analizar.

Cuadro N°100. Células de Cultivo considerando cereales y oleaginosas



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina

Uno de los escenarios analizado, fue el del informe ERAMA (Escenario de Referencia Agroindustrial Mundial y Argentino) de la Fundación INAI. Dicho informe analiza la situación agrícola argentina en 2022, bajo la consideración de que se mantienen constantes las tendencias actuales, sobre contextos macroeconómicos y sociales, condiciones meteorológicas promedio, etc.

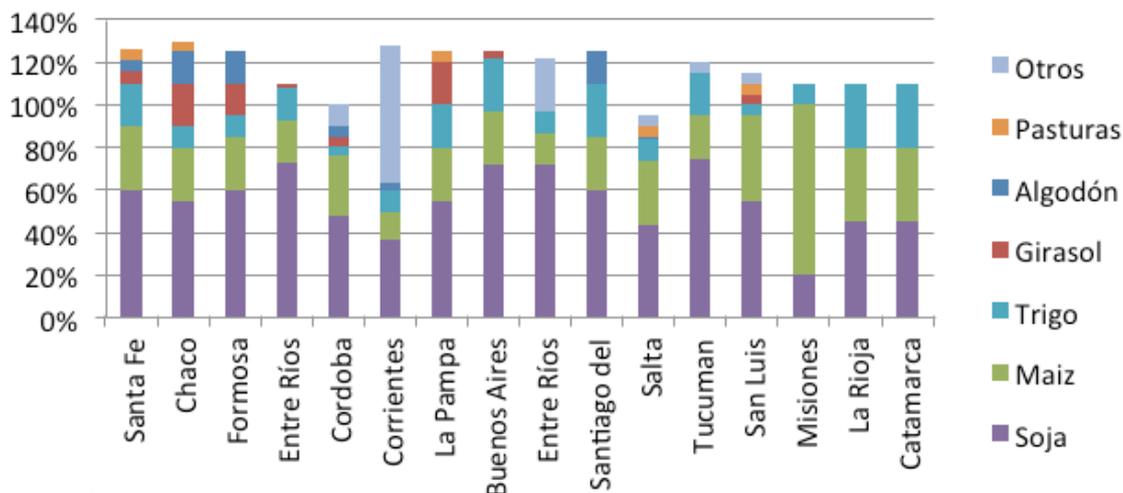
Cuadro N°101. Tendencias de Área Cosechada (has)

Producto	2012/2013	2017/2018	2022/23	Var 10 años	Var Anual
Cereales	9868	10317	10441	6%	0,50%
-Arroz	233	238	241	3%	0,40%
-Trigo	3360	3914	3994	19%	1,20%
-Maiz	3420	3417	3454	1%	0,30%
-Cebada	1650	1524	1504	-9%	-0,60%
-Sorgo	940	933	955	2%	0,60%
Otros Cereales	265	291	293	11%	0,70%
Oleaginosas	20906	22117	23102	11%	1%
-Soja	18960	20213	21218	12%	1,20%
-Girasol	1623	1563	1541	-5%	-0,50%
-Maní	323	341	343	6%	0,50%
Algodón	350	497	516	47%	2,40%
Azucar	371	390	397	7%	0,80%
Total	30774	32434	33543	9%	0,90%

Fuente: Fundación INAI. Erama

En base a esta información, y a recomendaciones de expertos se estimó la siguiente célula de cultivo con Riego Complementario a futuro.

Cuadro N°102. Células de Cultivo propuestas a futuro



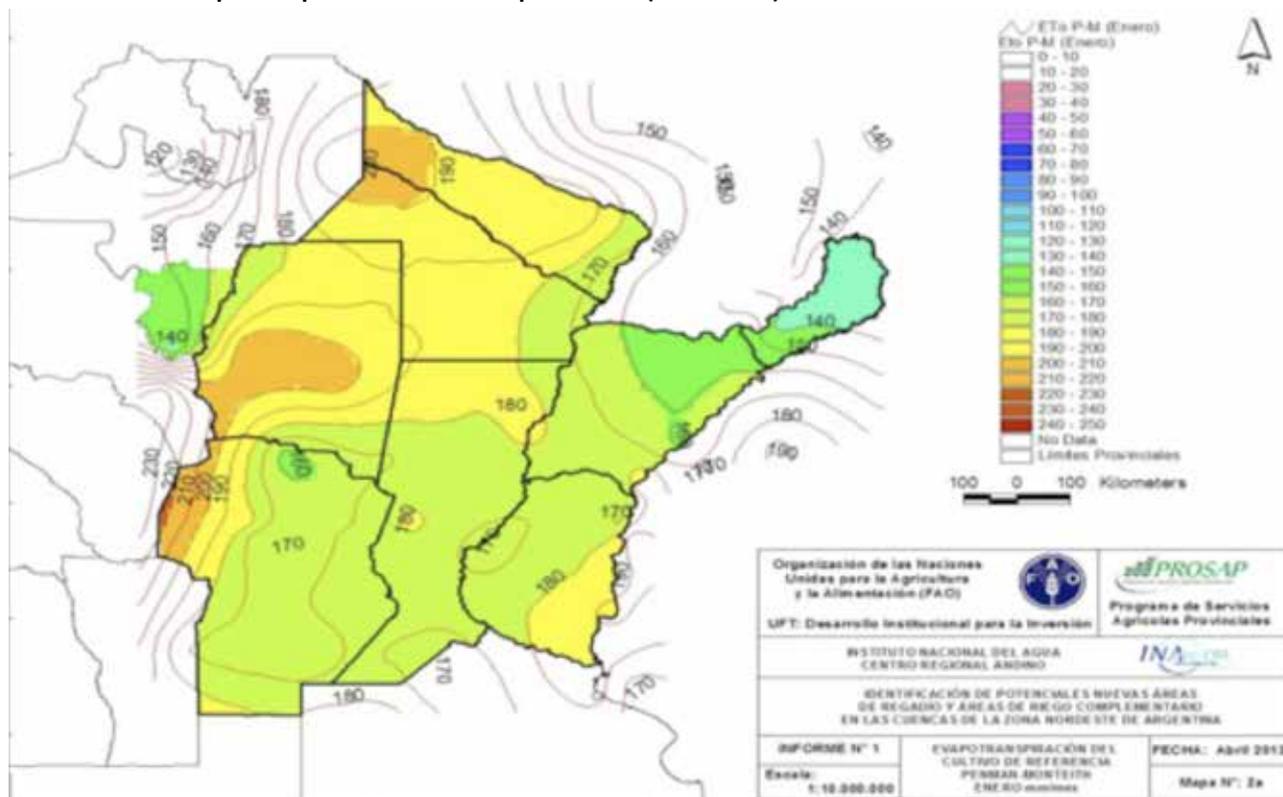
Cabe destacar que, con independencia de los escenarios antes evaluados, las herramientas analíticas de cálculos preparadas, permiten modificar las consideraciones mencionadas y, a su vez, posibilitan la definición y evaluación de diferentes escenarios productivos en forma dinámica.

b) Evapotranspiración de los modelos productivos seleccionados

Utilizando la información climática obtenida de la base de datos de registros (serie histórica 1971-2010), se obtuvieron los valores de ETo (mm/mes) para años representativos de los tres escenarios (seco, medio y húmedo), en el área de estudio (ver Anexo 4. iii).

La información se volcó a la confección de mapas de evapotranspiración (ETo), para cada uno de los meses del año medio.

Cuadro N°103. Evapotranspiración del cultivo para enero (año medio)



Fuente: INA, 2013

A partir de los mapas mensuales generados, se confeccionaron mapas de ETo por cada mes, considerando años con valores bajos, medios y altos, para visualizar la variabilidad anual del parámetro.

Cuadro N°104. ETo para enero (valores bajos, medios y altos)



Fuente: INA, 2013

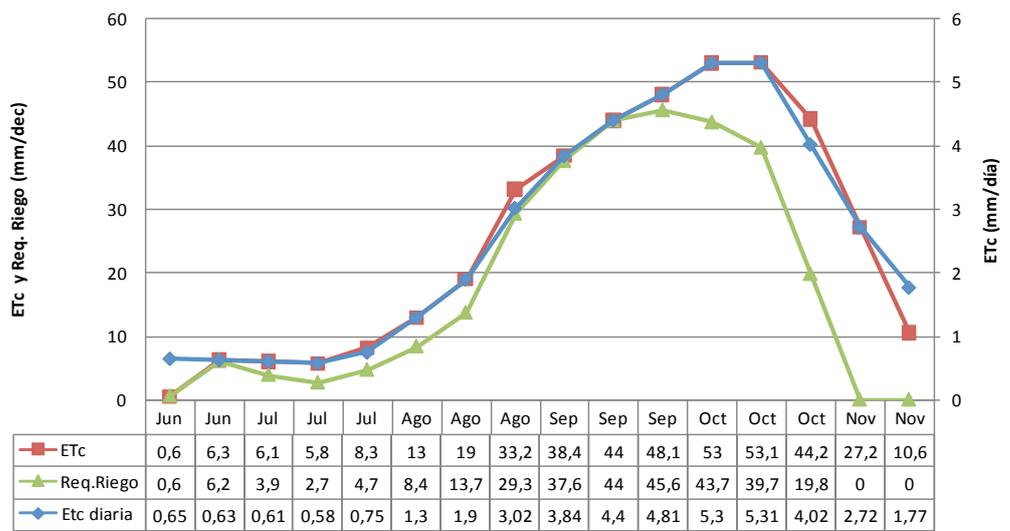
En cuanto a la estimación de las necesidades netas de riego de los cultivos seleccionados (trigo, maíz, girasol, soja y algodón), se obtuvo la evapotranspiración real de estos cultivos para tres situaciones (años lluviosos, medio y secos), obteniendo mapas con isolíneas de necesidades de riego.

En el siguiente Cuadro, aparece la información de la evapotranspiración del cultivo, y requerimiento de riego para un año medio. Permite ver, además, la evapotranspiración del cultivo, a lo largo de su ciclo agrícola (expresada en mm.día-1).

Para algunos modelos productivos, el requerimiento neto de riego se reduce lógicamente, al pasar de un año seco a otros más lluviosos; sin embargo, la relevancia de la irregular distribución de las lluvias, en algunas ocasiones, hace que los años húmedos requieran mayor riego que un año promedio. Esta situación representa una ventaja significativa del riego, en cuanto a la uniformidad de disponibilidad del recurso hídrico, en diferentes períodos y no sólo en los de escasez.

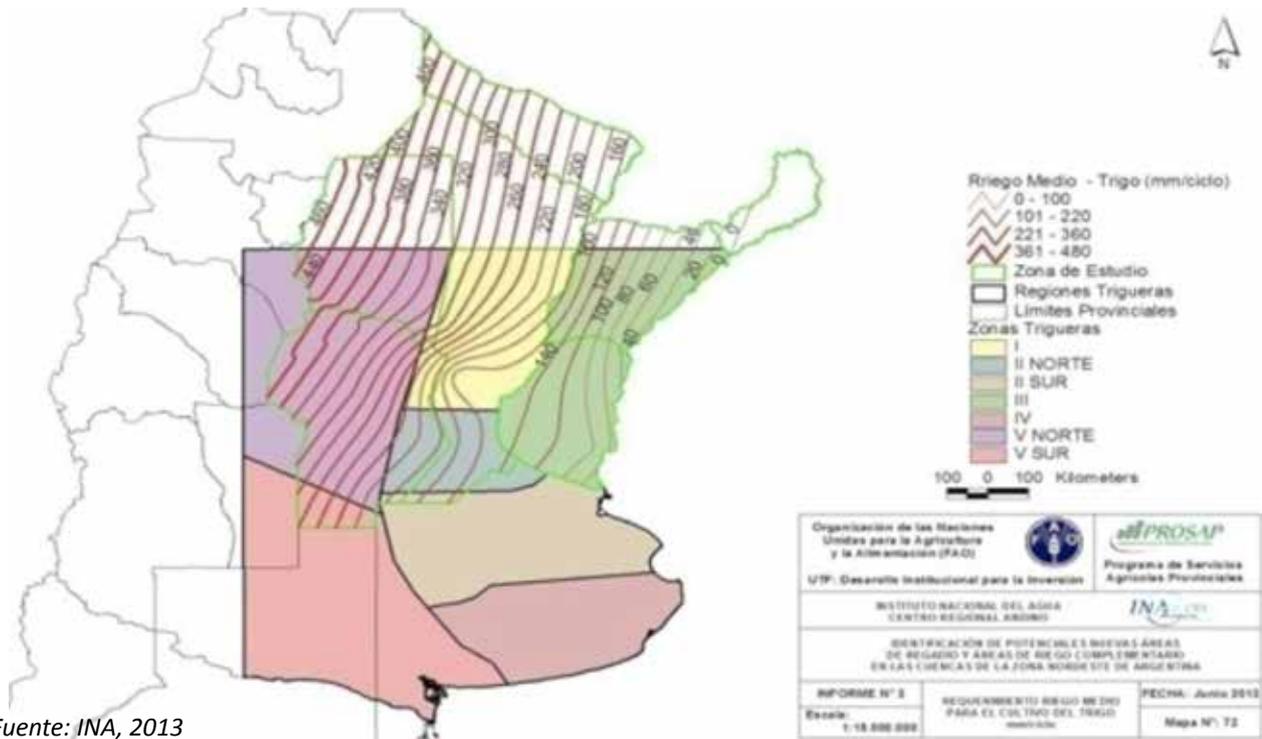
La información obtenida, se volcó en mapas de ETC acumulada para cada cultivo, a lo largo de todo el ciclo y para un año medio, presentando en el área un mapa de ETC media y el consiguiente requerimiento de riego.

Cuadro N°105. Evapotranspiración trigo para año medio (Estación Ceres)



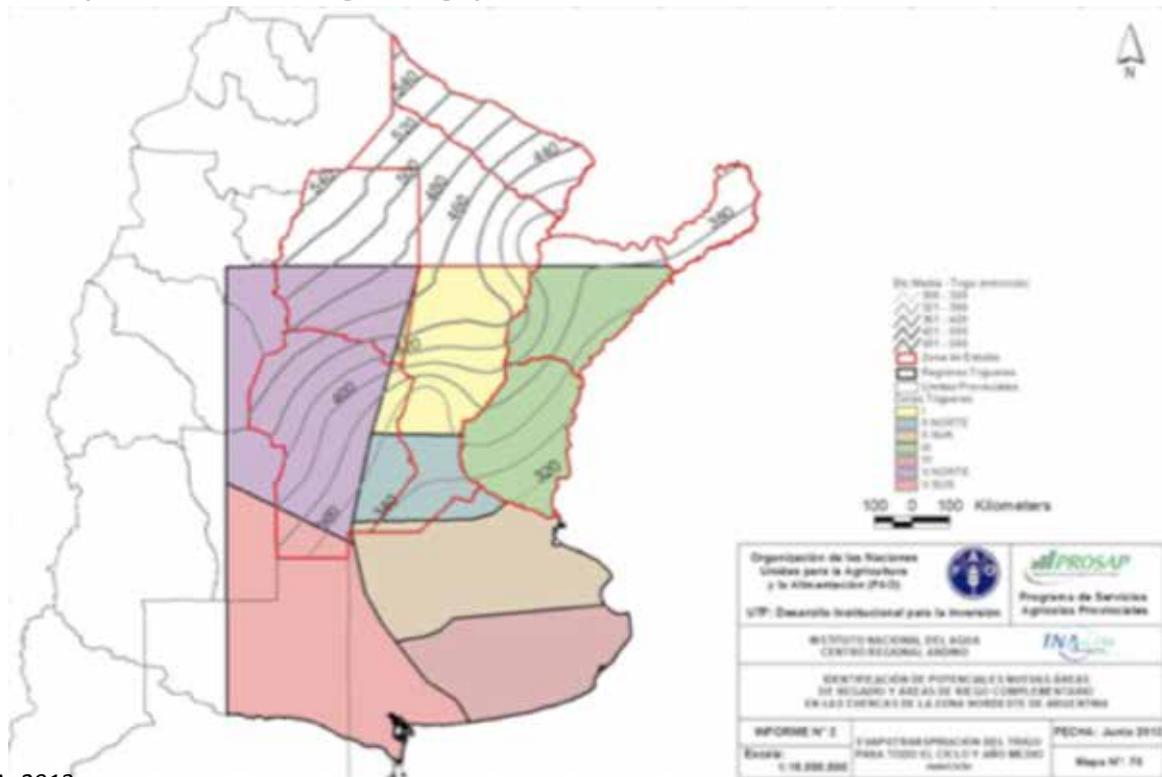
Fuente: INA, 2013

Cuadro N°106. Evapotranspiración (ETc) del trigo para el año medio y todo su ciclo.



Fuente: INA, 2013

Cuadro N°107. Requerimiento neto de riego del trigo para todo su ciclo



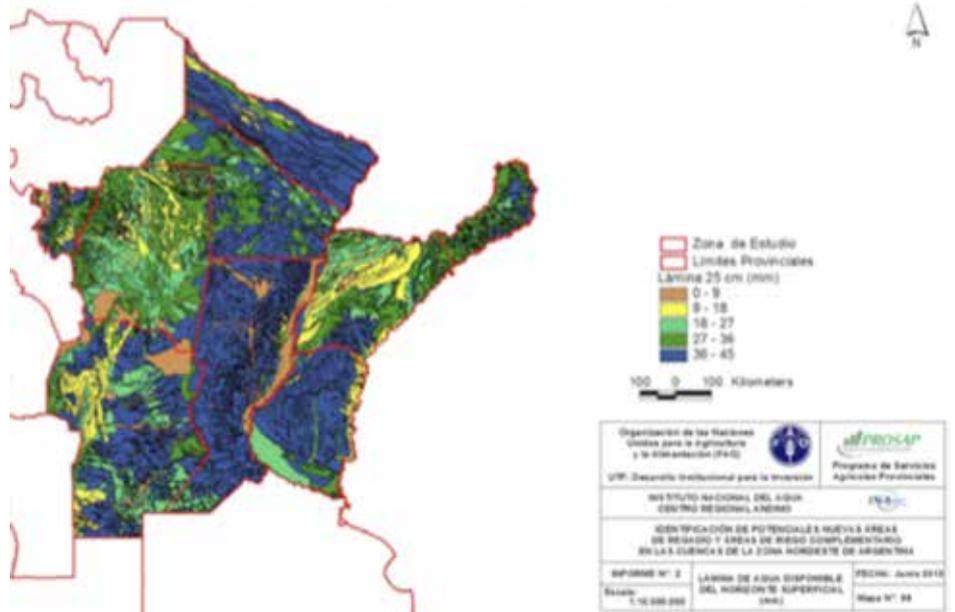
Fuente: INA, 2013

c) Requerimiento hídrico de los cultivos en distintos escenarios

Para la determinación del requerimiento hídrico de los cultivos, se calculó en primera instancia la media aritmética de las variables: capacidad de campo (W_c) y punto de marchitamiento (W_m), para cada horizonte de suelo y para la profundidad del perfil; y luego las láminas de agua disponible por horizonte (d_u) y total del perfil (d). Ver Anexo 4 y Apéndice.

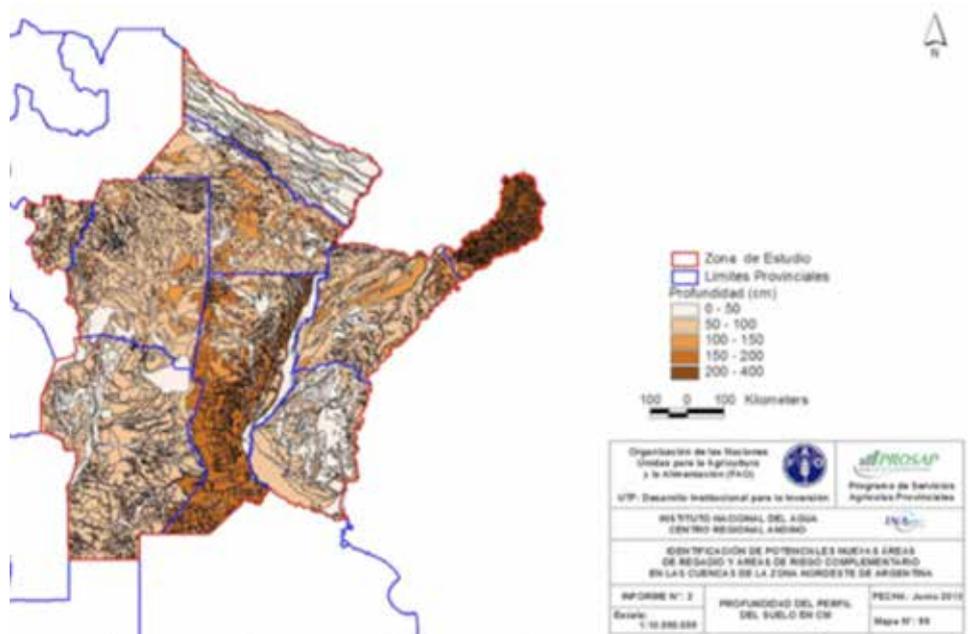
La distribución espacial de las características y propiedades de los suelos de la región, se muestra en las figuras siguientes.

Cuadro N°108. Lámina de agua disponible (mm) del horizonte superficial



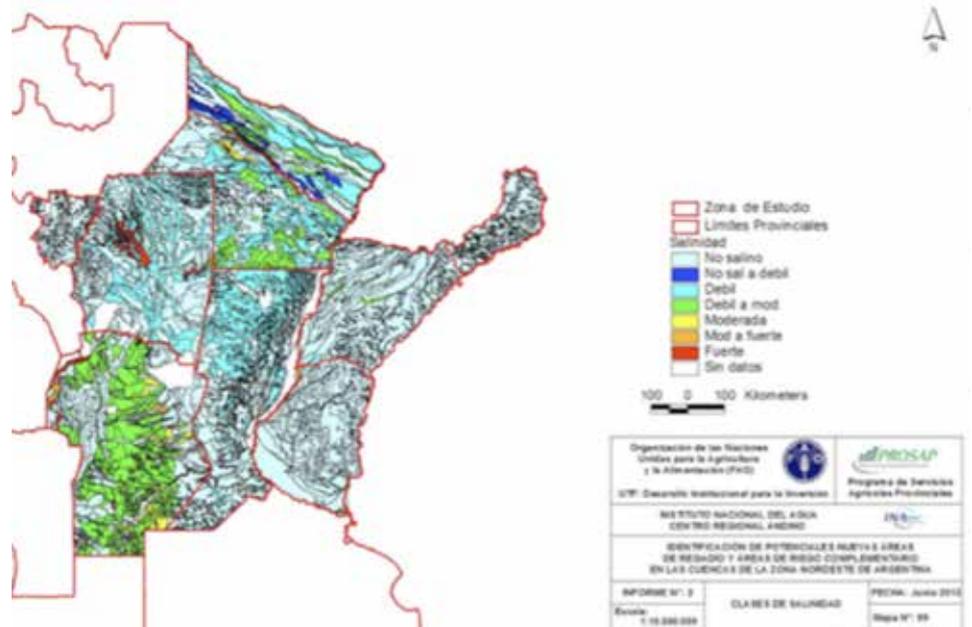
Fuente: INA, 2013

Cuadro N°109. Profundidad del perfil (cm)



Fuente: INA, 2013

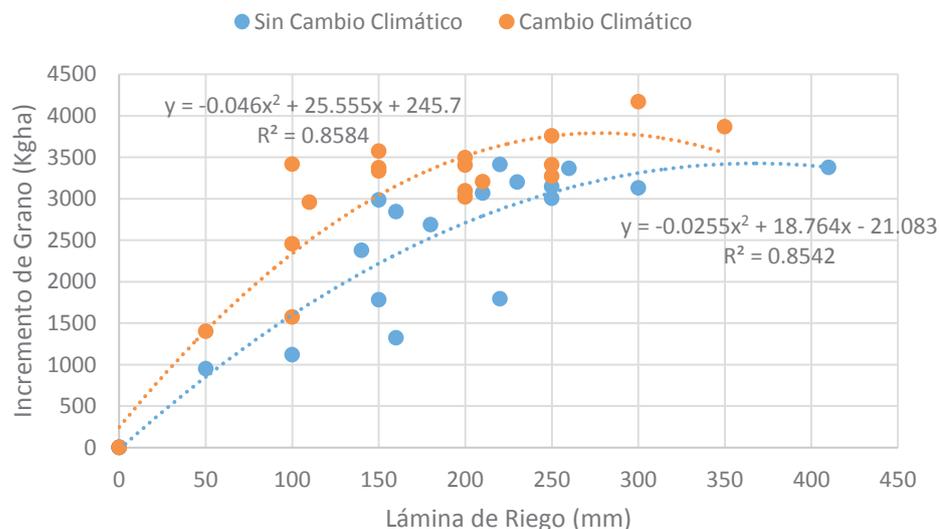
Cuadro N°110. Clases de Salinidad



Fuente: INA, 2013

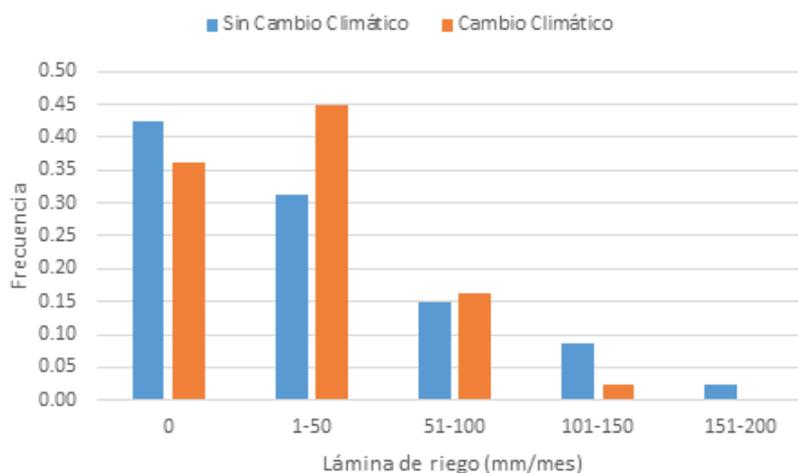
Se simuló la producción en secano y bajo riego de los cultivos seleccionados, para las estaciones meteorológicas y las distintas zonas productivas de cada cultivo. A su vez, se calculó la frecuencia de láminas de riego mensuales durante el ciclo de cultivo, y el porcentaje de años en los cuales sería necesario regar o no, para los escenarios sin y con cambio climático.

Cuadro Nº111. Incremento de la producción de soja (grano) por riego sin y con c.c. (Ceres)



Fuente: INA, 2013

Cuadro Nº112. Frecuencia láminas de riego mensuales en soja sin y con c.c. (Ceres)



Fuente: INA, 2013

La siguiente Tabla resume los valores medios y la desviación estándar de las láminas de riego, junto a la producción (biomasa-grano) en secano y bajo riego, sin y con cambio climático del cultivo de soja, en la localidad de Ceres.

Cuadro Nº113. Láminas de riego y producción (biomasa y grano) sin y con c.c. (Ceres) promedio/ciclo

Escenario	Actual (20 años)			Futuro (año 2080)		
	Lámina de riego (mm)	Producción en Secano	Producción en riego (mm)	Lámina de riego (mm)	Producción en Secano	Producción en Riego
Media	172,0	3446,7	8959,7	166,0	5624,4	12708,0
DS	106,0	2481,9	837,9	93,2	2353,3	964,2
Grano	Lámina de riego (mm)	Secano	Riego	Lámina de riego (mm)	Secano	Riego
Media	172,0	1334,4	3512,9	166,0	2153,7	4993,0
DS	106,0	975,8	328,1	93,2	933,0	378,8

Fuente: INA, 2013

A continuación se muestran las dotaciones de riego o caudales ficticios continuos necesarios, para diseñar la red de riego en función de las necesidades del cultivo.

Cuadro N°114. Necesidades netas y brutas (considerando 50 y 80% de eficiencia del sistema de riego)

Sin cambio climático (80%)					
Todos	Nov	Dic	Ene	Feb	
Frecuencia 80%	100	50	100	112	50
Nec. Neta m ³ /ha	1000	500	1000	1120	500
Nec. Neta (L/s)	0,39	0,19	0,39	0,43	0,19
nec. Bruta (50%)	0,77	0,39	0,77	0,86	0,39
Nec. Bruta (80%)	0,48	0,24	0,48	0,54	0,24

Con cambio climático (80%)					
Todos	Nov	Dic	Ene	Feb	
Frecuencia 80%	50	50	50	100	50
Nec. Neta m ³ /ha	500	500	500	1000	500
Nec. Neta (L/s)	0,19	0,19	0,19	0,39	0,19
nec. Bruta (50%)	0,39	0,39	0,39	0,77	0,39
Nec. Bruta (80%)	0,24	0,24	0,24	0,48	0,24

Fuente: INA, 2013

De esta forma se define para los diferentes escenarios con y sin cambio climático, la frecuencia de riego anual y el porcentaje de uso de los equipamientos de riego. En general, para todos los modelos productivos la frecuencia de uso de los sistemas de riego, aumenta con cambio climático

d) Indicadores de Desempeño considerados

Se consideraron distintos Indicadores de Desempeño (eficiencias) de posibles sistemas de riego a implementar en el área, desde sistemas de conducción y distribución sin impermeabilizar hasta sistemas de tubería. En cuanto a la aplicación del agua en la parcela, se observaron métodos de riego por escurrimiento superficial y por aspersión y goteo (ver Anexo 4. iii).

En este sentido, las eficiencias de conducción y distribución, se ven afectadas por: evaporación de superficie libre de agua; percolación profunda; filtraciones a través de paredes de canales; desborde; pérdidas por rotura de acequias; escurrimiento hacia desagües; y agujeros construidos por animales.

La eficiencia de aplicación, se ve afectada por: pérdidas derivadas del escurrimiento superficial; percolación profunda debajo de la rizósfera; pérdidas por evaporación.

Se estudió cada alternativa de conducción y distribución, complementada con diferentes métodos de aplicación: escurrimiento superficial a través de melgas, surcos, etc.; caudal discontinuo; aspersión; micro-aspersión y goteo.

La Tabla a continuación presenta valores de los Indicadores de Desempeño (eficiencias) considerados factibles, en proyectos de riego que podrían ser implementados a futuro en el área.

Cuadro N°115. Eficiencias factibles en función de la infraestructura de riego y de los métodos de aplicación en parcela

Sistema de conducción y distribución	ec (%)	ed (%)	Método de aplicación	ea (%)	es (%)
Red de tierra (en suelos de textura fina) con buena operación y mantenimiento	85	90	RES	65	50
			RCD	85	65
			AS	75	57
			MA	80	61
			G	90	69
Red de tierra (en suelos de textura intermedia) con buena operación y mantenimiento	80	80	RES	65	42
			RCD	85	54
			AS	75	48
			MA	80	51
			G	90	58
Red de tierra (en suelos de textura gruesa) con buena operación y mantenimiento	75	70	RES	65	34
			RCD	85	45
			AS	75	39
			MA	80	42
			G	90	47
Red de canales impermeabilizados con buena operación y mantenimiento	95	95	RES	65	59
			RCD	85	77
			AS	75	68
			MA	80	72
			G	90	81
Red de tuberías con buena operación y mantenimiento	98	98	RES	65	62
			RCD	85	82
			AS	75	72
			MA	80	77
			G	90	86

Referencias: Escurrimiento superficial (RES), Riego con caudal discontinuo (RCD), Aspersión (AS), Microaspersión (MA) y Goteo (G). Fuente: INA, 2013

e) Requerimientos de lixiviación

Se analizó el requerimiento de lixiviación con distintas calidades de agua, para corroborar que las láminas percoladas en parcela aseguren el balance salino del suelo (ver Anexo 4. iii).

Cuadro N°116. Coeficientes de la ecuación de lámina de lavado y valor máximos de CE del agua de riego y de lámina

Cultivo	Salinidad del suelo (CEe en dsm-1) para 90% de productividad potencial R-90 dS.m-1	Profundidad Radical (m)	Eficiencia de lavado por tipo de suelo (f)			Lamina almacenada en el suelo a Capacidad de Campo en la profundidad radical (mm)		
			Arenoso	Franco	Arcilloso	Arenoso	Franco	Arcilloso
Algodón	9,6	1,4				208	431,2	612,5
Girasol	2,5	1,3				193	404,4	568,7
Maíz	3,2	1	0,85	0,55	0,30	148,5	308	437,5
Soja	5,5	1				148,5	308	437,5
Trigo	7,5	1,2				178	370	525

Fuente: INA, 2013

Con esta información se realizaron regresiones, para obtener una ecuación que permitiera calcular la lámina de lavado, en función de la lámina de riego a aplicar, de la salinidad del agua expresada como conductividad eléctrica, y de la textura del suelo. La ecuación es: Lámina de lavado (mm) = a * CEb * LR; los coeficientes a y b figuran en la tabla siguiente.

Cuadro N°117. Ecuación de lámina de lavado y valor máx. lámina de riego

Cultivo	Textura del suelo	Coeficiente a	Coeficiente b	Valores máximos que pueden ser usado en la ecuación respectiva	
				CE máxima del agua dS/m	Lamina de riego máxima
Trigo	Arcilloso	0,24	1,15	4	400
	Franco	0,13	1,15		
	Arenoso	0,086	1,16		
Maíz	Arcilloso	0,65	1,40	3,2	450
	Franco	0,36	1,40		
	Arenoso	0,23	1,40		
Girasol	Arcilloso	0,87	1,34	2	420
	Franco	0,48	1,34		
	Arenoso	0,31	1,34		
Soja	Arcilloso	0,35	1,23	4	400
	Franco	0,19	1,23		
	Arenoso	0,129	1,23		
Algodón	Arcilloso	0,19	1,12	4	500
	Franco	0,10	1,11		
	Arenoso	0,07	1,12		

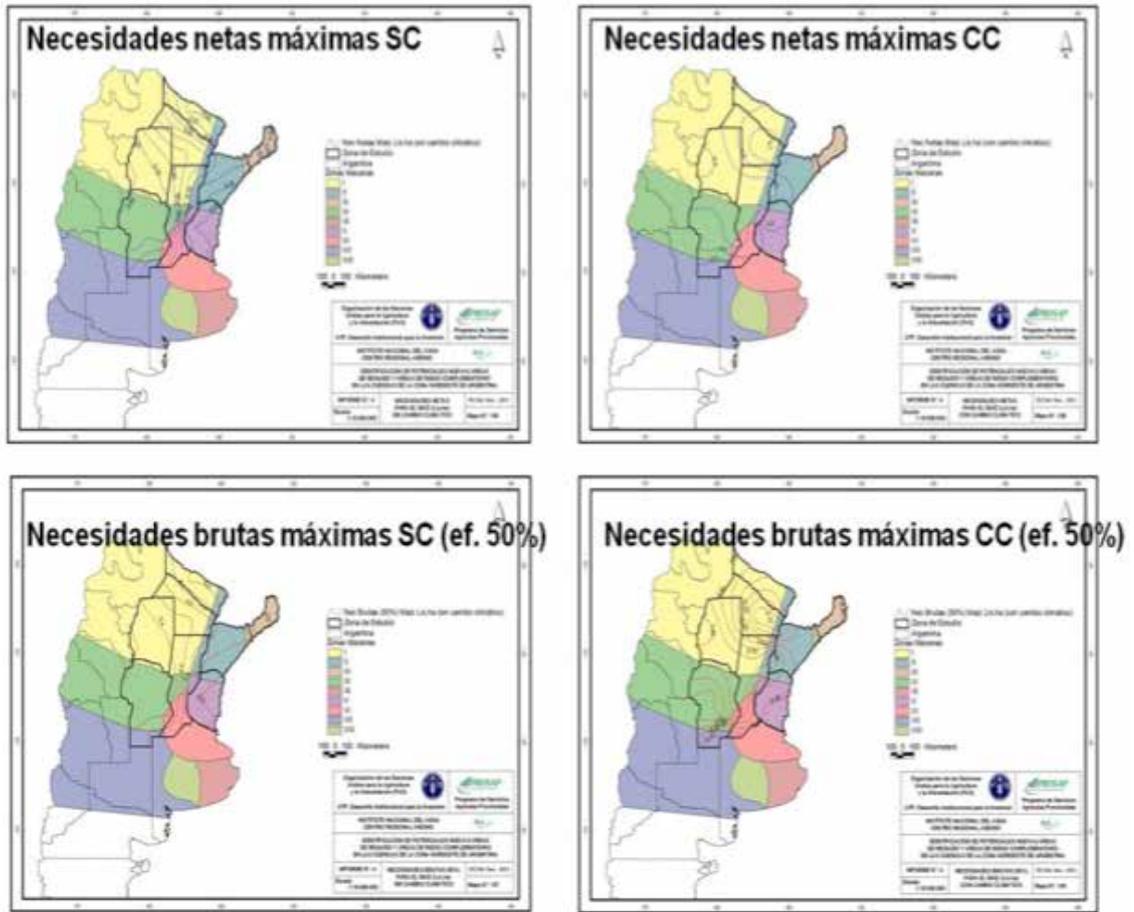
Fuente: INA, 2013

f) Resultados de demandas de los modelos productivos

En base a los análisis anteriores, se calcularon las necesidades netas y brutas de riego, confeccionándose mapas de isolíneas para cada cultivo (Anexo 4).

Se muestran a continuación los mapas correspondientes al cultivo del maíz.

Cuadro N°118. Necesidades de riego netas y brutas (eficiencia del sistema del 50%) del maíz (L/s.ha) sin y con c.c.



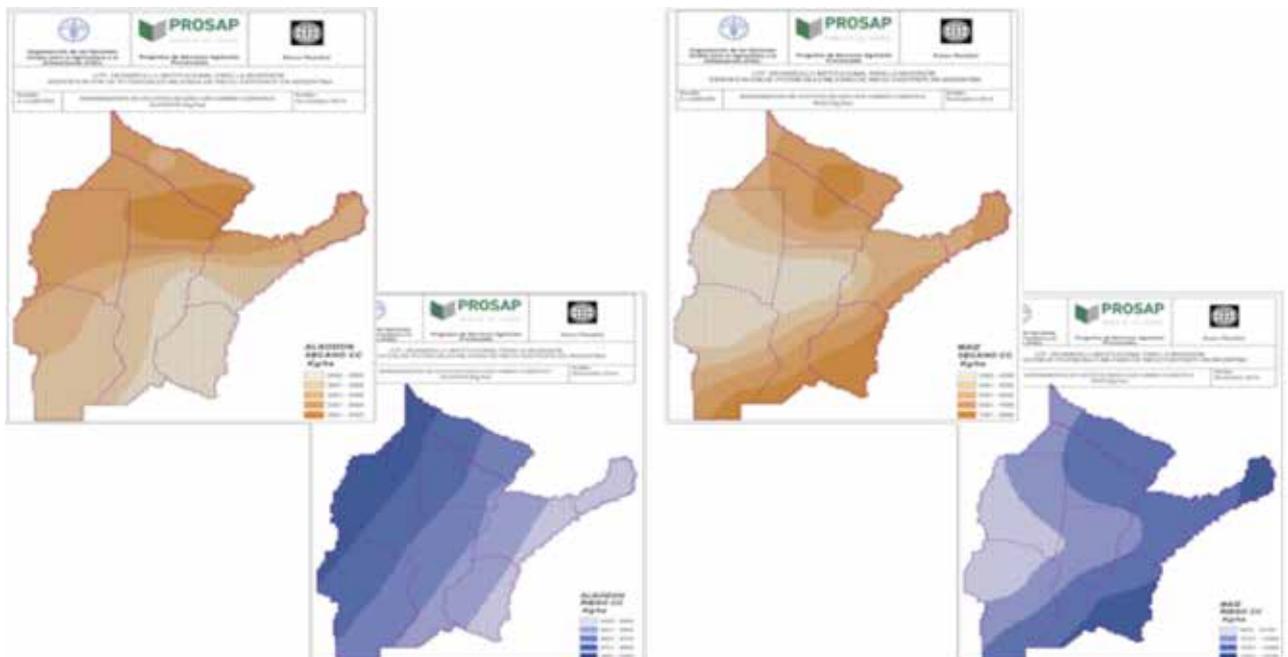
Fuente: INA, 2013

g) Productividad con riego en diferentes escenarios

A partir de la calibración del modelo Aquacrop, para diferentes modelos productivos y condiciones climáticas y edafológicas de las distintas regiones, se determinaron las productividades estimadas en los diversos escenarios climáticos futuros, con y sin riego (ver Anexo 4. iii).

La información obtenida, permitió realizar mapas de rendimiento de los distintos cultivos, para ser volcados en la Herramienta Multicriterio:

Cuadro N°119. Mapas de rendimiento de Algodón y Maíz con y sin cambio climático



C. Medio Ambiente

Para el análisis de la dimensión medio ambiental, se consideraron distintos indicadores que permitieran caracterizar las áreas y las potenciales implicancias de la puesta en funcionamiento del riego, como por ejemplo Ecorregiones, Cuencas, Tipos de Suelo, Salinidad, Calidad de Aguas y Drenaje. Todos estos indicadores se representaron en diversas capas de información (shapes), con el objeto de considerarlas en el análisis multicriterio.

Cuadro N°120. Mapas de Ecorregiones y tipos de suelo



Fuente: elaboración propia a partir de información de INA y CONAE.

De la información ambiental recopilada, se desglosaron las potenciales afectaciones al suelo por el riego y el Cambio Climático; asimismo, se realizó una caracterización ambiental de la región. Para el análisis multicriterio de los efectos medio ambientales, se propuso una metodología de indicadores (ver Anexo 3).

Con el objeto de priorizar, agrupar y/o identificar proyectos, que desde el punto de vista ambiental puedan ser llevados a cabo, se formularon dos matrices con las principales consideraciones ambientales a contemplar (ver Anexo).

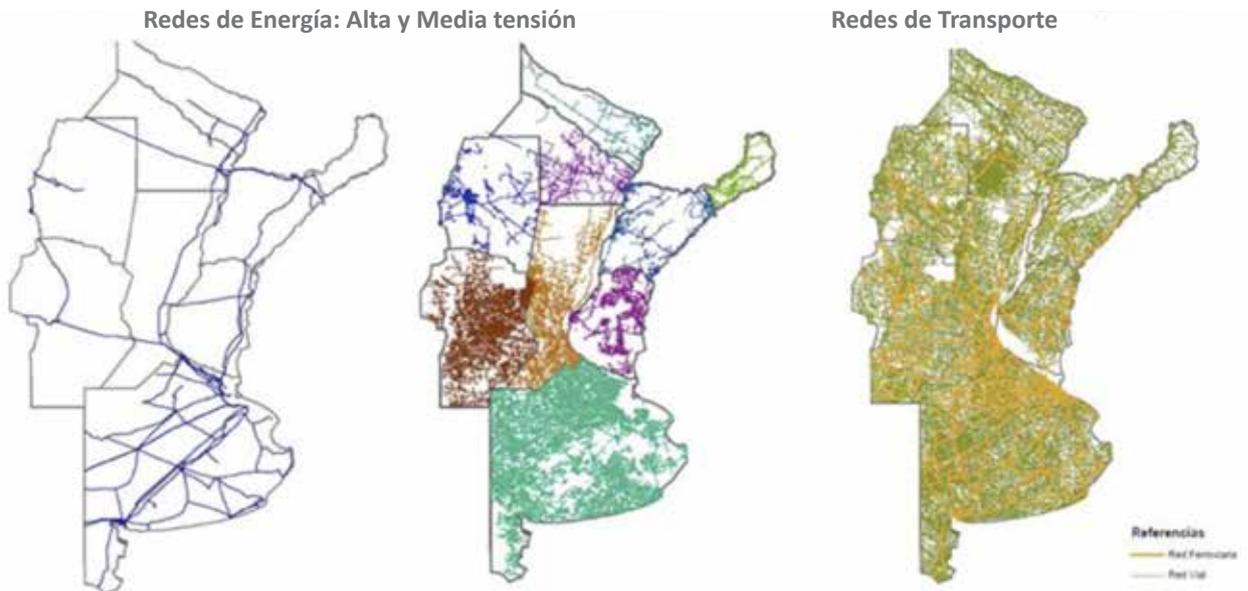
El resultado de la aplicación de dichas matrices, permite reflejar una evaluación cualitativa de los aspectos seleccionados para cada proyecto, lo que facilita la obtención de un panorama de acciones y medidas en consonancia con el resto del Programa.

Para tal análisis se propone realizar dos tipologías, según sea el origen del agua, superficial o subterránea, para el riego complementario (ver Anexo 3).

D. Infraestructura Existente

La infraestructura considerada para el análisis ha sido: núcleos urbanos, carreteras, caminos, vías, ferroviarias, energía eléctrica, infraestructura rural e infraestructura hidráulica existente. Se muestran los siguientes mapas cargados en la Herramienta Multicriterio.

Cuadro Nº121. Mapas de Infraestructura existente



E. Aspectos Sociales

Para la consideración y análisis han sido recopilados y mapeados distintos variables sociales tales como presencia de organización de usuarios, participación en planificación y gestión, situación de tenencia de tierras, ordenamiento territorial, y conflictos históricos por agua, entre otros.

F. Tipología de Infraestructura Necesaria

Para identificar la viabilidad de la incorporación de riego complementario, una de las dimensiones fundamentales es la relacionada con el costo del agua. Para ello se analizaron los costos de inversión y de operación de diferentes alternativas en base a las distintas fuentes con disponibilidad hídrica. Las tipologías o alternativas de agua analizadas se observan en el siguiente cuadro.

Cabe destacar, como fue mencionado anteriormente, que no han sido consideradas infraestructuras de diferentes escalas para la captación, almacenamiento y regulación de precipitaciones.

Tipologías de Obras:

A. Fuentes Superficiales:

- Tomas y canales por gravedad
- Bombes y canales a partir de Aguas Superficiales
- Bombes y tuberías a partir de Aguas Superficiales

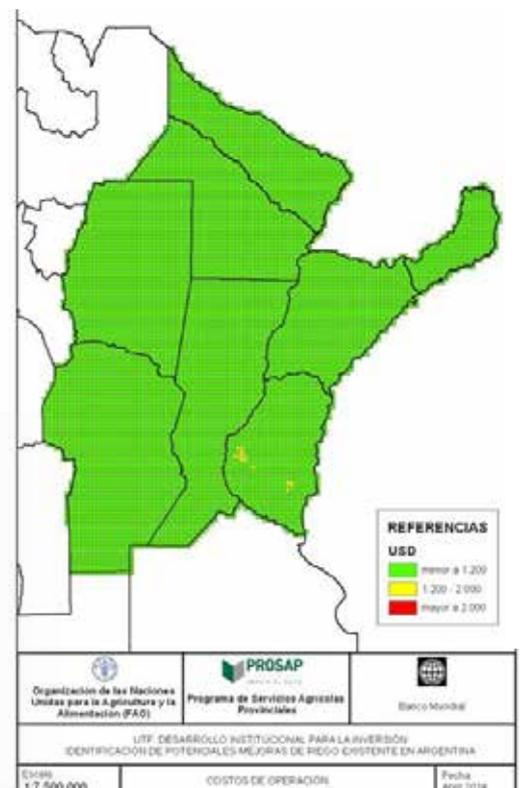
B. Fuentes Subterráneas:

- Bombes a Partir de Acuíferos



Análisis de Costos de Inversión y O&M de cada celda definida en la zona analizada (10,000 has) según alternativa.

Cuadro Nº122. Tipologías de obras



a) Alternativas Consideradas

Se analizaron los costos de inversión y los costos operativos de diferentes alternativas de infraestructura necesaria, para incorporar riego complementario de acuerdo a las diferentes fuentes con disponibilidad hídrica mencionadas. De esta manera se consideraron:

(i) fuentes superficiales,

- (i.a) con derivación por gravedad a través de canales (donde sea factible topográficamente);
- (i.b) por bombeo (considerando conducciones por tubería);
- (i.c) por bombeo (considerando conducciones por canales).

(ii) fuentes subterráneas (bombeos a partir de acuíferos).

b) Cálculo de costos

Para realizar el cálculo de costos de la infraestructura necesaria y su posterior evaluación económica, se dividió la zona de análisis en celdas de 10.000 ha; y en cada celda por separado, se estimó la inversión requerida, según las alternativas explicadas anteriormente.

Cualquiera sea la fuente de provisión y el sistema de transporte del recurso hídrico, el costo de la inversión y la operación necesaria para el transporte de una unidad de agua, está directamente relacionado con la distancia a la fuente de abastecimiento y a la altura de energía y topográfica a salvar, entre la fuente y el punto de provisión.

Por tal motivo, se analizaron los costos de inversión y de operación para aprovisionar con una unidad de agua a determinada Celda Productiva.

El costo de inversión, incluye los costos de los sistemas de transporte y distribución troncal del agua, como así también los costos de la infraestructura de abastecimiento energético.

En este análisis, el costo de operación se concentra en el costo de abastecimiento energético de los sistemas de transporte de agua.

A continuación se presentan los supuestos considerados, para calcular los costos de inversión, de operación y mantenimiento (ver Anexo).

• a. Fuentes Superficiales

• 1) Canales

El costo de la canalización queda definido por la excavación, el revestimiento y otras obras singulares, presentándose dos situaciones:

- Canales derivados por gravedad de cauces con dominio topográfico: en los cuales la determinación de la longitud del canal de conducción hasta cada celda potencial a regar, se determina automáticamente a través de un algoritmo que en el modelo digital del terreno, identifica el recorrido mínimo entre el cauce de captación (definido por una polilínea) y la celda analizada (considerando su posición y cota), aceptando una pendiente del 0.0001.
- Captaciones por bombeo sucesivos y tramos de conducción en canal: en el caso con bombeos sucesivos y conducción por canal, se considera una contrapendiente estimada del 0.25%, (pendientes medias estimadas a partir del modelo) con saltos

sucesivos dependiendo de la cota de celda y del punto de captación, que en término medio significan saltos localizados cada 20 km aproximadamente, con otros que varían por las condiciones topográficas (entre 4.80 m y 2.40 m);

El costo de las estaciones de bombeo y saltos intermedios, se considera USD 5 Millones, mientras que el costo por estación de bombeo y generación, se estima en otros 5 Millones (aproximadamente, U\$S/10.000KW).

Para evaluar los costos de conducción, se consideraron canales de sección trapecial, determinando los volúmenes y costos asociados de los siguientes ítems: excavación, terraplén, limpieza y preparación del terreno, revestimiento de hormigón simple de 0,15m de espesor, hormigón de limpieza, sistema de drenaje, juntas y obras singulares.

Los costos de la red de distribución interna, fueron estimados en USD17.5 Millones, en base a una red telescópica de 5 m³/s de capacidad inicial a 1 m³/s en los tramos finales.

Los costos de operación y mantenimiento se consideraron un 1% de los costos de inversión.

• 2) Bombeo con distribución por tubería

Donde no es posible el riego por gravedad, será necesario considerar el riego por medio de bombeo. Aceptando la posición y altimetría de la toma y de la celda a irrigar, se adoptan sucesivas estaciones de bombeo (según el caso), tubería de impulsión y costos de accesorios.

Para determinar los costos de construcción, se considera la provisión e instalación de tuberías de PRFV, el montaje, la excavación y el consiguiente relleno.

Las pérdidas de carga y costos de operación se obtuvieron a partir de la ecuación de Hazen Williams (considerando un coeficiente de rugosidad C=145)

El cálculo de la potencia de bombeo se hizo asumiendo las siguientes variables: (i) altura geométrica: inicial 10 m; tubería en contrapendiente: $i = 0.25$ m/km, (ii) bombas de eje vertical (costo: USD 500/Kw); (iii) Eficiencia del sistema bomba-motor-trasformador: 0.70; (iv) Precio del kilovatio por hora: 0.150 USD en alta tensión; y (iv) Costo de mantenimiento (10% costo operativo).

Las plantas de bombeo se clasificaron mediante los siguientes ítems: costo de la obra civil, bombas, equipamiento hidro-electromecánico (tuberías, válvulas, tableros, conexionado, servicios auxiliares). También se consideró la alimentación por línea de alta tensión 33 KV y la estación transformadora 33-0.380 KV (ver detalle en Anexo 3 y su Apéndice).

Los costos de operación y mantenimiento, se evaluaron en un 10% de los costos de inversión.

• b. Fuentes Subterráneas

Para la estimación de costos relacionados con el aprovechamiento de agua subterránea se consideraron los costos de perforación y equipamiento de pozos. En las aguas subterráneas, se planteó la perforación de pozos, para utilización de pivots (con Energía o Combustible).

El análisis de costo se realizó en función de la profundidad y del caudal de explotación de los acuíferos la cantidad estimando las potencias y cantidades de perforaciones para la implementación de un riego por pivot (de acuerdo a información suministrada por el INA). Se estimó un con-

sumo de 4,000 m³/año, a través del cual se determina el uso anual y el costo explotación.

Se consideraron los siguientes supuestos:

- Uso anual 19 h/día
- Consumo 4.000 m³/año
- Caudal de explotación en función de las características del acuífero
- Costo inversión pozos: dependiendo del diámetro y profundidad, según información del INA.

Para todos los costos de operación en parcela, se estimó una inversión inicial de pivot de 2.500 USD/ha. Los costos de operación fueron calculados en función de la altura de cada celda, profundidad de cada acuífero y de los costos de energía o combustible de pivot y pozos.

Cuadro N°123. Características de acuíferos y supuestos considerados

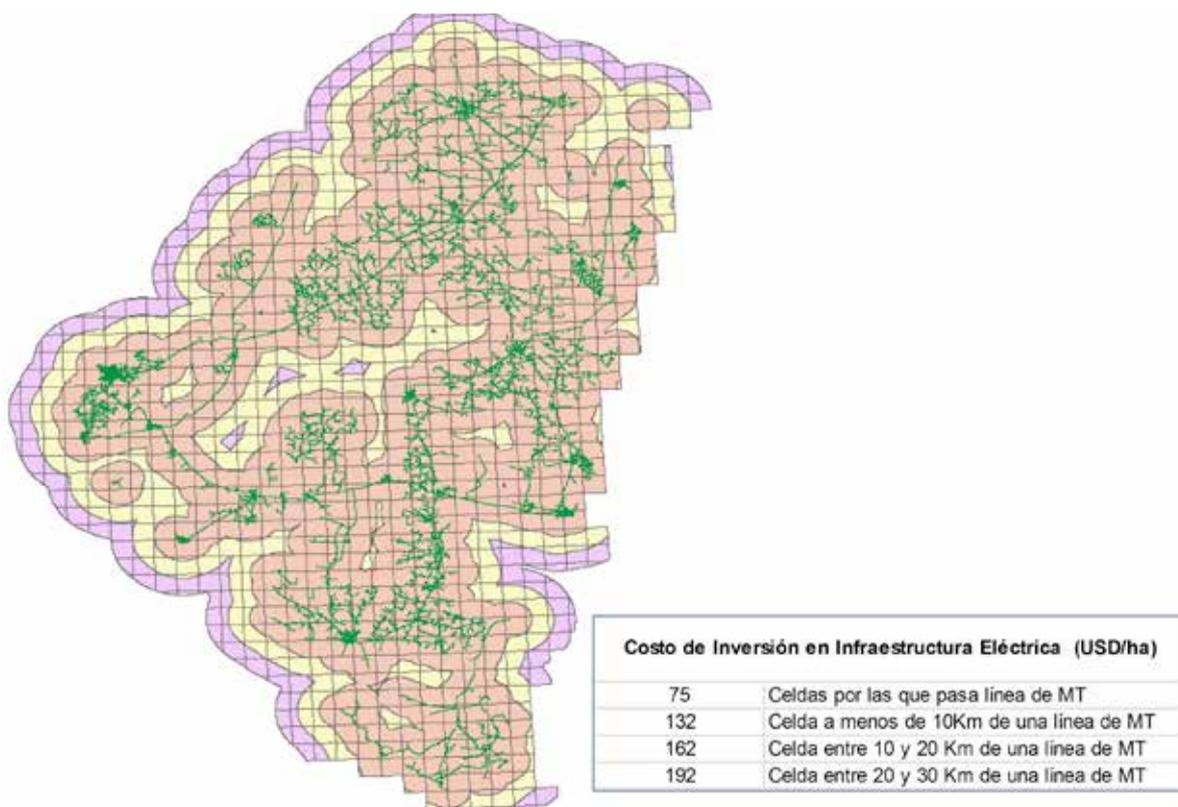
Resumen de Costos de Energía por Acuífero

Características	Acuífero	CH2	CH1	F2	F1	F3	SF1	SF4	SF3	SF2	C	CB	ER1	ER2	ER3	ER4
	Profundidad	50	20	40	25	15	50	50	50	40	70	85	50	45	50	30
	Q Explot	50	50	50	66,66	50	50	80	80	50	200	200	200	150	200	80
Consumo	USD/kWh	0,111	0,121	0,112	0,109	0,123	0,111	0,089	0,098	0,112	0,090	0,088	0,092	0,094	0,092	0,100
Electricidad	USD/m ³	0,038	0,024	0,033	0,024	0,011	0,038	0,034	0,033	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
	USD/ha Elec	180,65	112,49	156,19	114,28	100,26	180,65	159,78	159,78	156,19	187,84	214,09	149,35	142,34	149,35	116,08
Consumo	USD/m ³	0,091	0,053	0,078	0,059	0,046	0,091	0,09	0,09	0,078	0,12	0,14	0,09	0,08	0,09	0,07
Combustible	USD/ha Comb	365,86	209,06	313,6	235,2	182,93	365,87	365,87	365,87	313,6	470,4	548,8	365,86	339,73	365,86	261,33

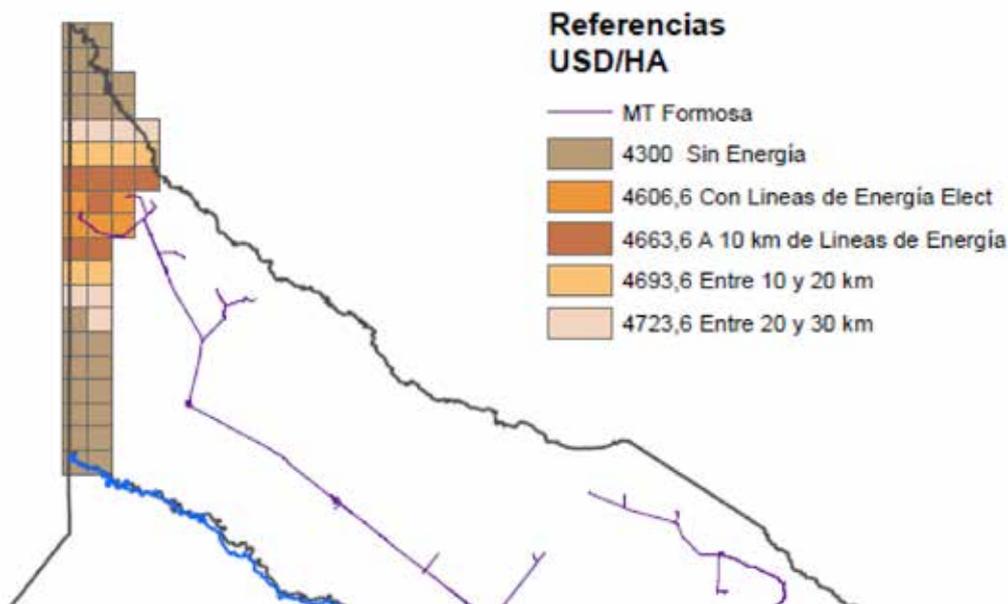
Se hizo un análisis de las redes de energía existentes. En casos donde no se dispone de red de transmisión, se consideró un costo de inversión inicial dependiendo de la distancia de la red de alta o media tensión existente, teniendo en cuenta un costo de inversión de 30.000 USD/km para las líneas de alta tensión y de 15,000 USD/km para las líneas de media tensión.

A continuación pueden apreciarse dos mapas como ejemplo del procedimiento seguido para estimar los costos de inversión en redes de transmisión, en base a la distancia de las líneas existentes (en las provincias de Entre Ríos y Formosa). Para mayor definición de las imágenes, ver Apéndice de Anexo 3.

Cuadro N°124. Mapa de Costos de Entre Ríos con Líneas de Energía



Cuadro N°125. Mapa de Costos de Formosa con Líneas de Energía

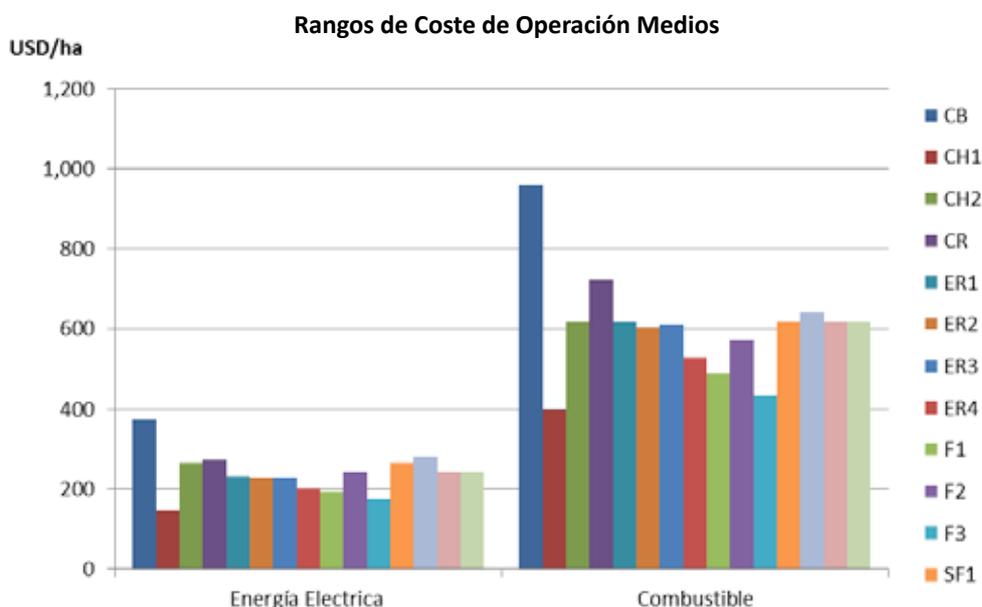


Los efectos de las distintas tarifas sobre las hectáreas viables, económicamente dependen de diversos factores (profundidad del acuífero, el precio del kw, etc.). Varían los esquemas tarifarios de las distintas distribuidoras presentes en las diferentes zonas, ya que consideran diferentes criterios para la definición de los costos fijos de potencia instalada y de los correspondientes costos variables.

En base a lo anterior, considerando los diferentes esquemas tarifarios, fueron estimadas las evaluaciones económicas considerando los costos de operación para energía eléctrica y/o combustible.

Los costos de mantenimiento, se consideraron un 1,5% de los costos de inversión, variando los rangos de coste de operación (en función de la fuente de energía).

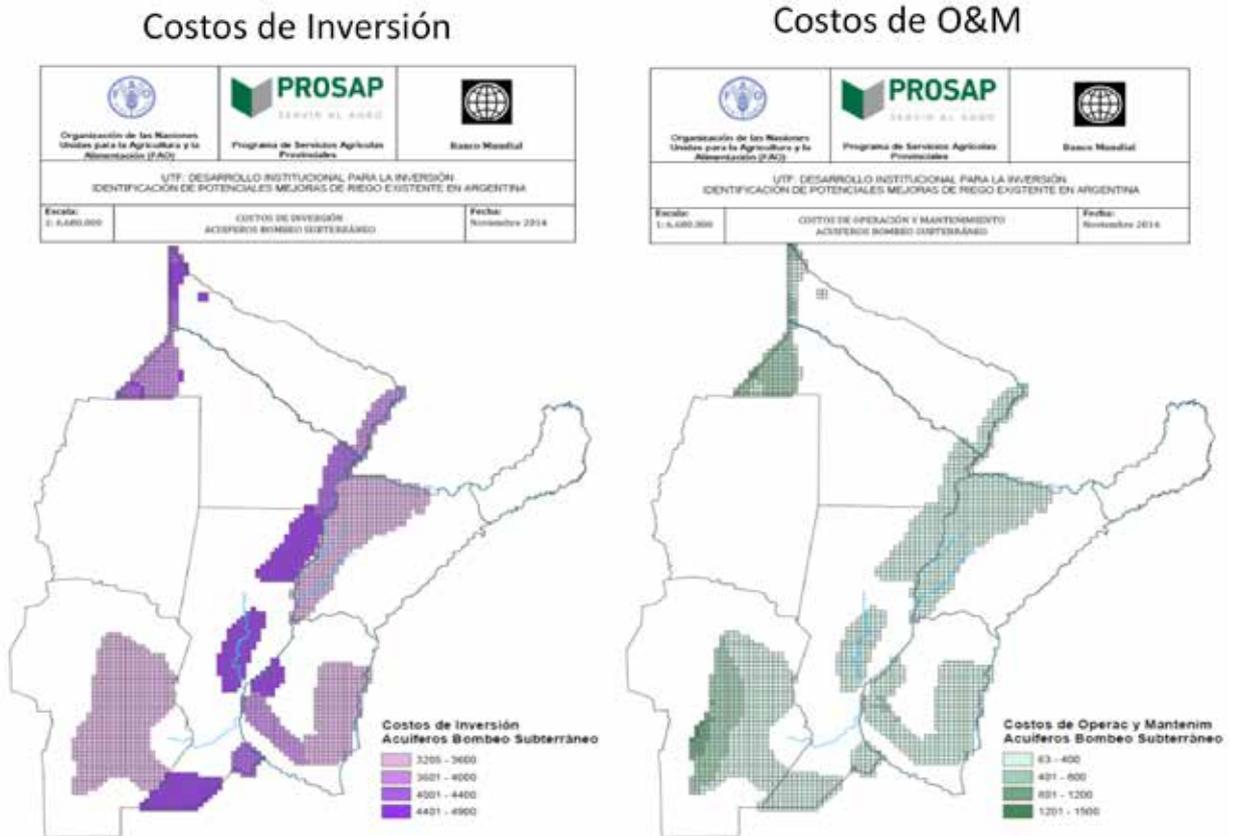
Cuadro N°126. Costos medios de Operación según fuente de Energía



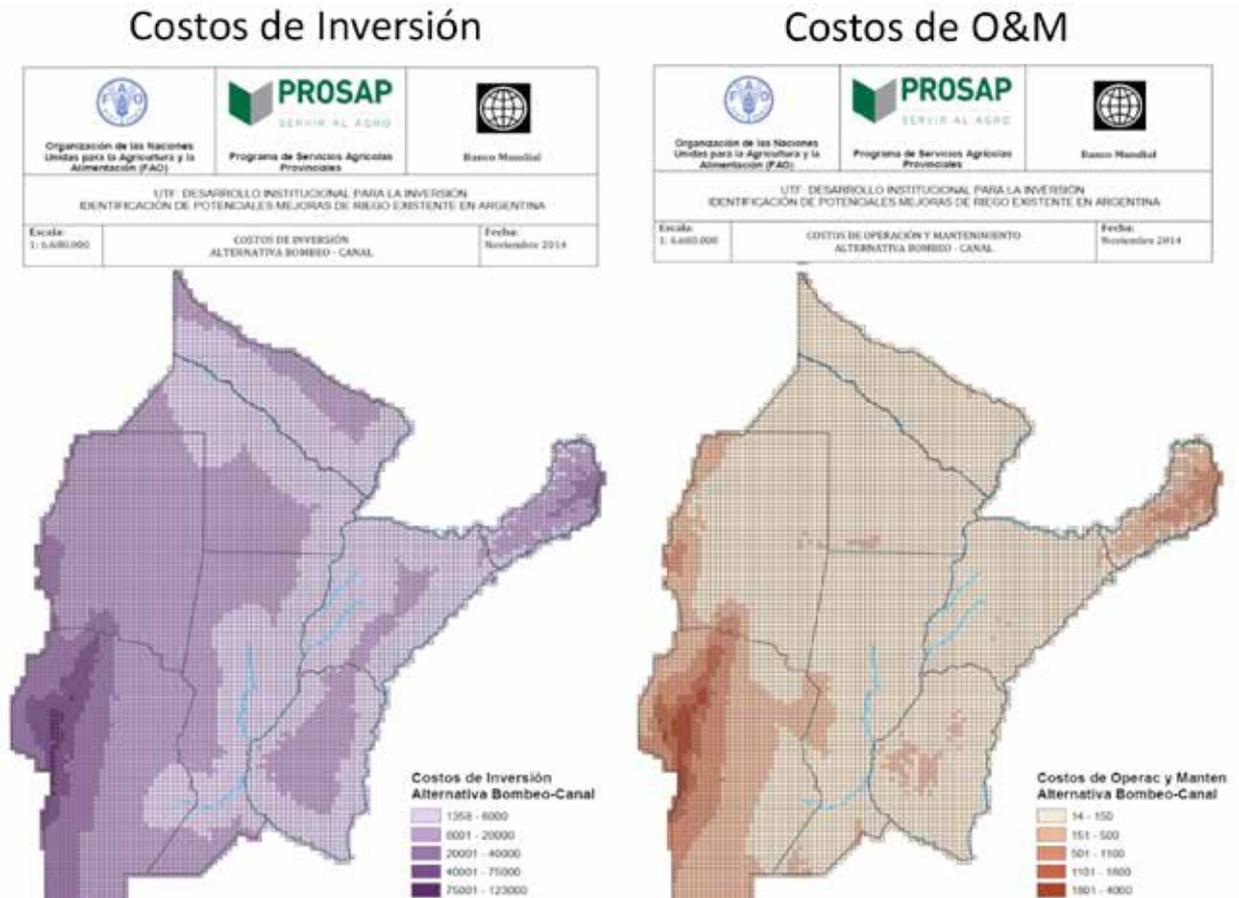
c) Cartografía de Costos de Inversión y Operación por Alternativa.

Como resultado del ejercicio de análisis de costos de infraestructura, se obtuvieron los siguientes mapas, los cuales son utilizados para el análisis en la Herramienta Multicriterio.

Cuadro Nº127. Costos de Inversión y de O&M con fuentes subterráneas



Cuadro Nº128. Costos de Inversión y de O&M con fuentes superficiales



G. Evaluación Económica y Análisis de Sensibilidad

La evaluación económica de la expansión potencial de áreas en la Zona con Riego Complementario, entraña algunas metodologías que la diferencian de la aplicada en la Zona de Riego Existente y otras que son comunes a ambas.

Las áreas comunes están referidas al tipo de indicadores de rentabilidad siguiente: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). En este sentido, la interpretación económica, la tasa de descuento y el período de tiempo sobre el cual se evalúa el desempeño económico, es el mismo en ambas zonas.

Sin embargo, debido a que en la Zona de Riego Complementario la actividad agrícola típica no se realiza bajo riego, sino que habitualmente constituye una producción de secano (es decir, dependiente del régimen de precipitaciones), demanda la consideración de algunos aspectos que le son propios.

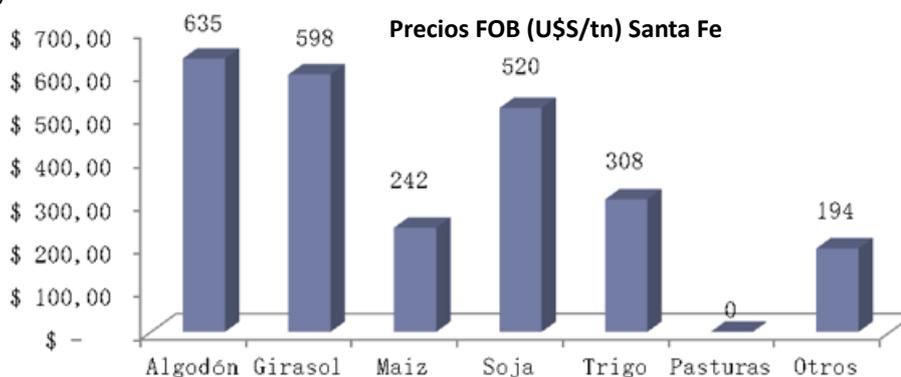
En la situación sin proyecto, se contempló explícitamente el efecto que el cambio climático tendría sobre los caudales y sobre los requerimientos de los cultivos (por cambios en la temperatura, las precipitaciones, periodos de sequía, etc.).

Para cada una de las celdas analizadas, se calculó lo siguiente (ver detalle en Anexo 3 y apéndices):

i. Valor Bruto de Producción sin y con proyecto:

- Células de Cultivo:** para cada celda se considera una célula de cultivo actual y futura, según la información base explicada anteriormente.
- Rendimiento del cultivo:** se trata de la producción, medida en toneladas, por hectárea, según la información aportada por el INA.
- Precio del cultivo:** es el precio por tonelada del cultivo (U\$S/tn). Para el caso de los productos considerados, se tomó en cuenta el precio FOB (del inglés Free On-Board: puesto a bordo), que son los precios oficiales para el Ministerio de Agricultura (ver detalle en Anexo 3).

Cuadro N°129. Precios FOB



Fuente: Bolsa de Cereales Rosario

- Costos de producción sin y con proyecto:** están referidos a la situación sin proyecto; es decir, a la producción en secano. Incluye los costos directos, indirectos y de flete. Los datos de costos de producción con proyecto, se estimaron en base a la opinión de expertos y de información de proyectos similares en la zona, entre un 17% y un 22% mayor a los costos sin proyecto.

Cuadro N°130. Costo de Producción en secano (Soja de 1ª)

Sin Riego	Centro, Norte y Oeste de Buenos Aires, Sur y Centro de Santa Fe	NOA, NEA, Norte de Santa Fe, Entre Ríos, Norte de Córdoba	Sur de Córdoba y Este de La Pampa
USD/ha			
Gastos de Comercialización	-133	-144	-151
Labores	-90	-94	-86
Semilla e Inoc.	-51	-56	-51
Herbicidas	-42	-40	-41
Insecticidas y Fung.	-12	-22	-10
Fertilizantes	-31	0	-23
Gastos Directos sin Cosecha	-225	-212	-212
Cosecha	-69	-53	-63
Gastos Directos	-294	-265	-275
Agroquímicos	-53	-62	-51

- iii. **Análisis de temporalidad:** una característica adicional de la situación con proyecto, es que la necesidad de riego complementario no resulta constante, sino que depende de las condiciones climáticas o régimen de precipitaciones (“años húmedos”, “años secos”). Por ello es importante tener una aproximación de la probable necesidad de riego (se tuvo en cuenta el ciclo de cultivo para cada zona, el porcentaje de años que sería necesario regar, según las simulaciones realizadas por el INA, y la frecuencia relativa de riego mensual para cada cultivo). Ver detalle Anexo 3.
- iv. **Valor Neto de producción sin y con proyecto:** es la diferencia entre el Valor Bruto de Producción y el Costo de Producción. Para obtener este valor, es necesario ponderar los costos de producción por su peso relativo en la célula de cultivo, propuestas en cada caso sin riego y con riego. Luego restar este valor del VBP “ponderado” de cada producto (ver Anexo 3).
- v. **Inversiones con proyecto:** se estimó de acuerdo con la metodología explicitada anteriormente. El costo se expresó en dólares por hectárea.
- vi. **Costos mantenimiento de la infraestructura de riego con proyecto:** estos costos se producen a lo largo de la vida útil de la inversión.
- vii. **Costos de operación de los equipos de riego con proyecto:** estos costos sólo ocurren en años donde efectivamente se realiza riego complementario. Resultan variables para cada cultivo, como se vio en el análisis de temporalidad. A su vez, estos costos son variables, según la alternativa de inversión que se considere (acuífero con energía eléctrica, acuífero con combustible, etc.; correspondientes a agua subterránea, o canal de toma directa, bombeo con tubería de agua, etc., correspondiente a agua superficial).

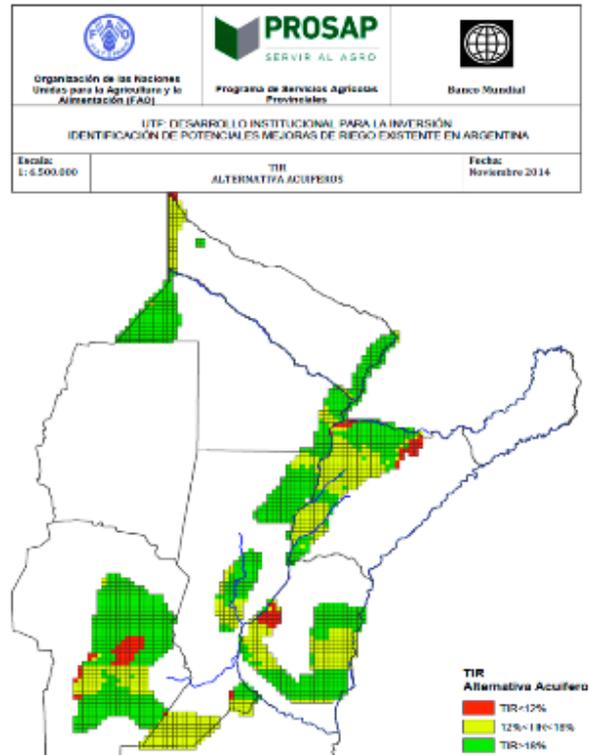
Los indicadores calculados han sido el VAN y la TIR. Se ha tomado como tasa de descuento, para inversiones con agua subterránea el 12%; excepto en el caso de la eva-

luación de las inversiones de riego, relacionadas con la extracción de agua desde un acuífero de Córdoba, donde se consideró 11,75%. Para las inversiones de agua superficial, por los riesgos asociados, se tomó una tasa del 18%.

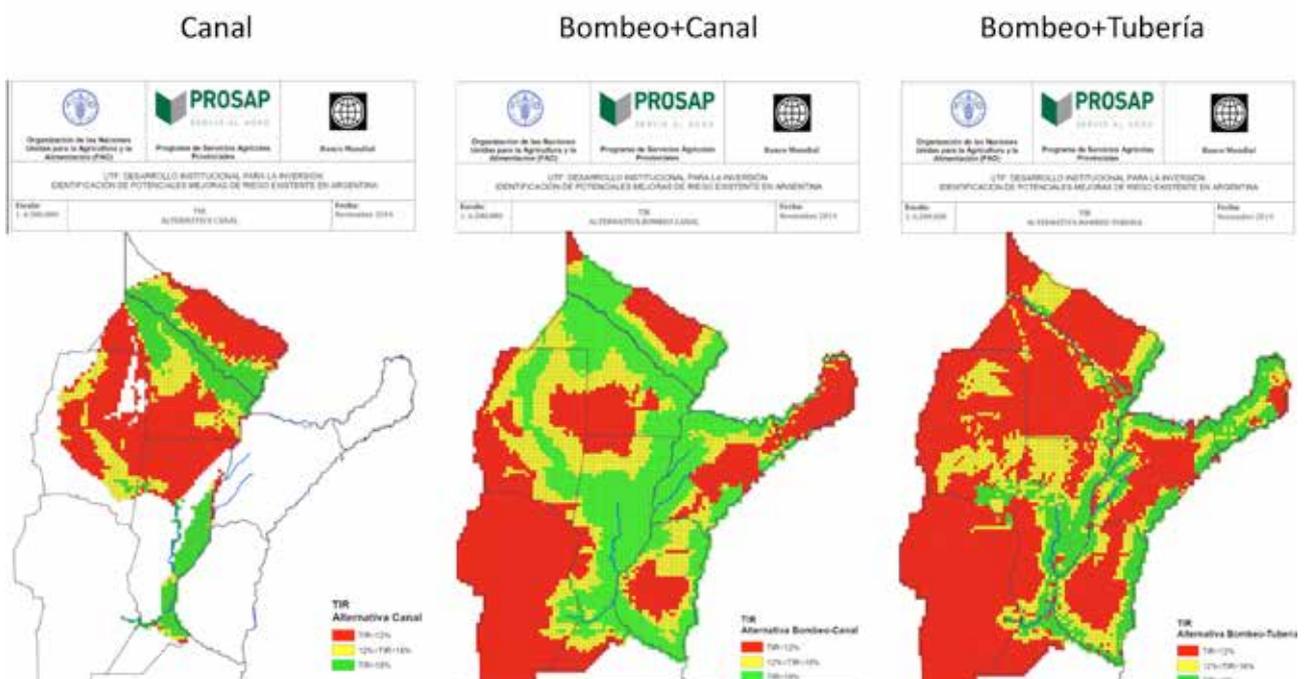
La diferencia entre estas dos tasas, se debe a considerar que la extracción del agua desde fuentes superficiales, está sujeta más a riesgos técnicos que a la correspondiente por fuentes subterráneas.

Como resultado del ejercicio de evaluación económica, se obtuvieron los siguientes mapas los cuales son cargados en la herramienta multicriterios para análisis..

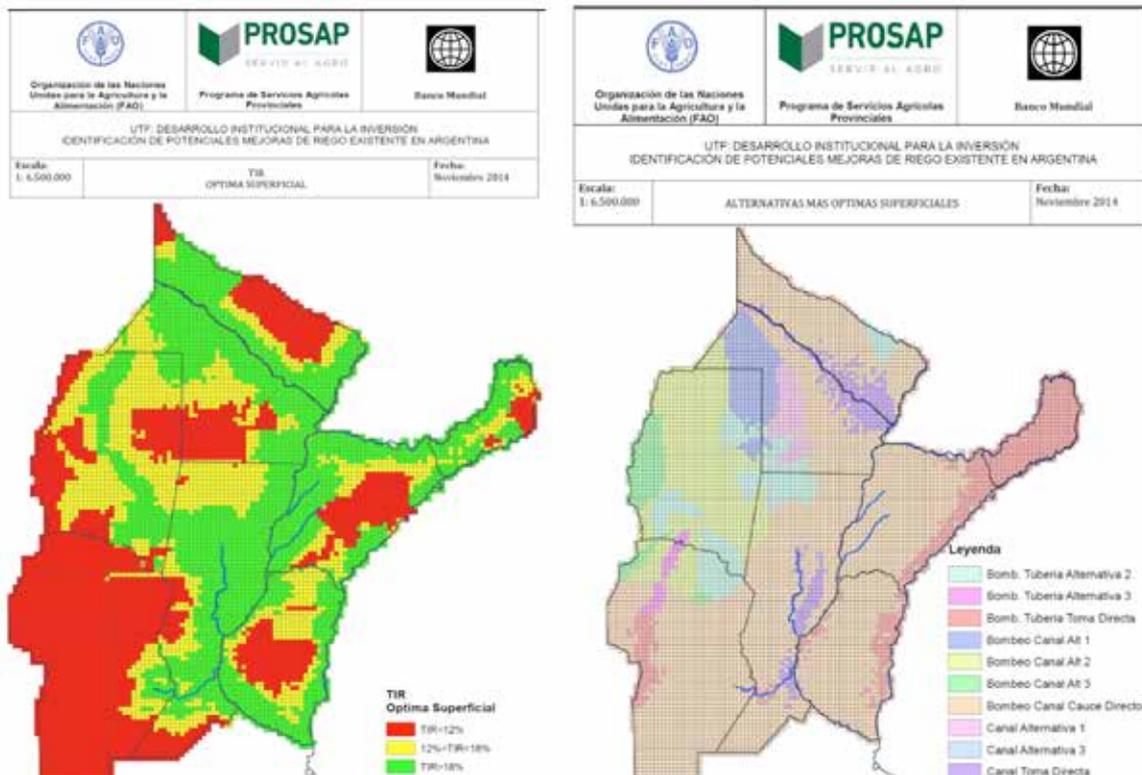
Cuadro Nº131. Algunos resultados de TIR (fuente subterránea)



Cuadro Nº132. Resultados de TIR (canal, bombeo y canal, bombeo y tubería)

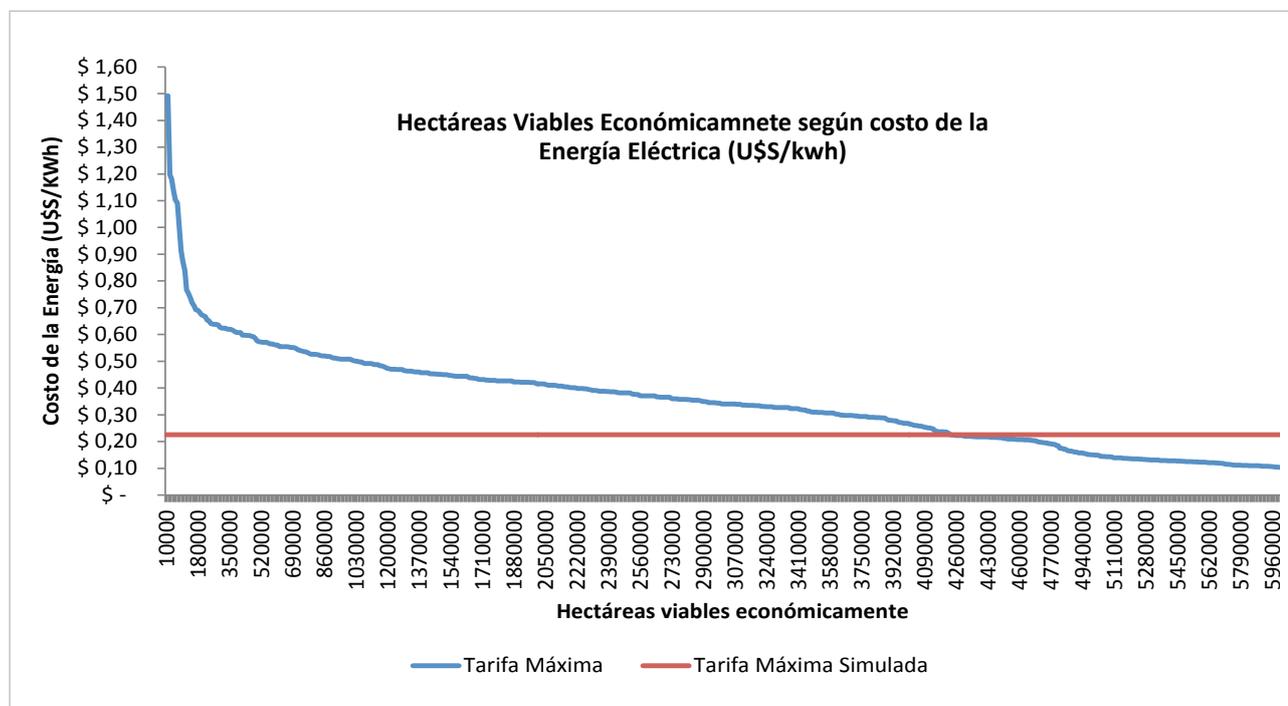


Cuadro N°133. Mapas de TIR más conveniente por alternativa y localización de tipología de alternativa más conveniente



Se realizó un análisis de sensibilidad, para cada una de las alternativas (ver Anexo 3), simulando el costo de la energía (determina cuál es la máxima tarifa eléctrica que pone al límite de rentabilidad el proyecto), tomándose como tarifa promedio U\$S 0,15 el kw/h.

Cuadro N°134. Simulación de ha viables según valores de tarifa eléctrica

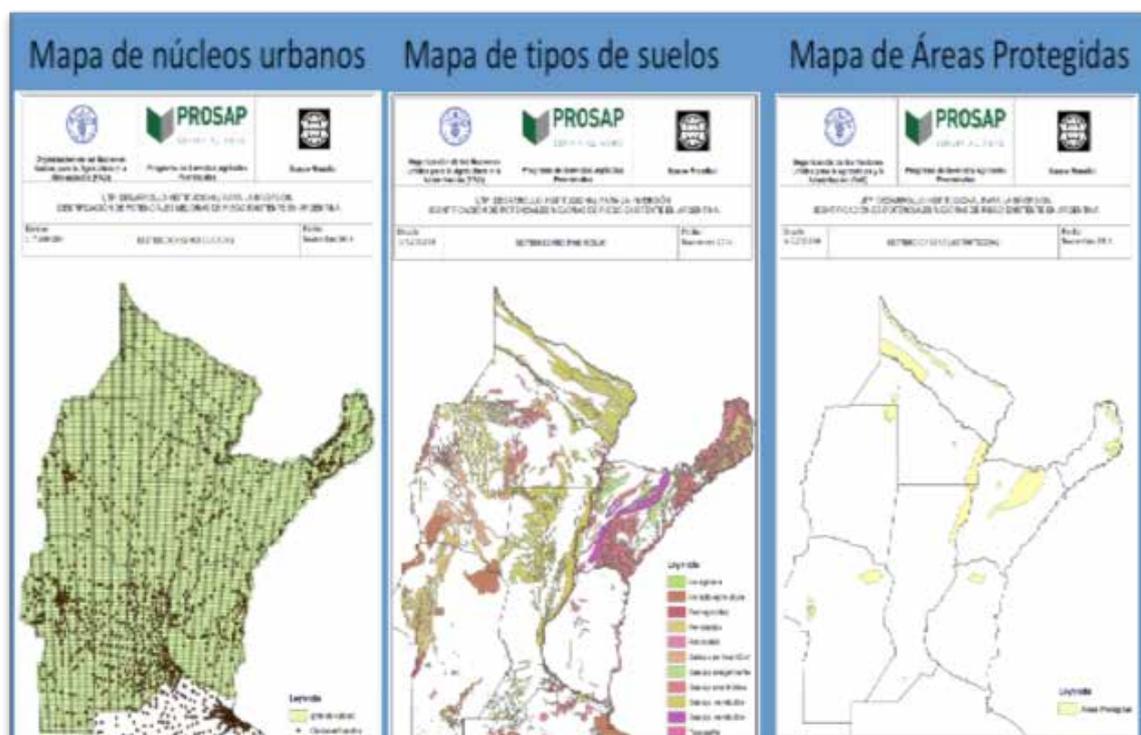


La relación entre el valor de la tarifa eléctrica y las hectáreas viables, económicamente resulta "negativa"; a mayor tarifa, menor cantidad de hectáreas viables, desde el punto de vista económico.

H. Resultados

Los resultados económicos (hectáreas viables desde el punto de vista económico) se cruzaron con una serie de restricciones adicionales: existencia de zonas urbanizadas; existencia de zonas protegidas, desde el punto de vista ambiental; y calidad de los suelos (aptitud para ser cultivados).

Cuadro N°135. Mapas de restricciones aplicadas a la superficie viable



Este ejercicio permitió establecer la cantidad de hectáreas que son viables, desde el punto de vista económico, rural, ambiental y de aptitud del suelo. A estas hectáreas, hay que confrontarlas con la disponibilidad del recurso hídrico, para tener un mapa final de potencial de incorporación de hectáreas bajo riego complementario.

Con el propósito de ilustrar la obtención de los valores de la superficie factible de riego (SFR), se calculó la necesidad de riego por cada provincia y la superficie que puede abastecerse con la oferta de agua máxima disponible (ver Anexo 3).

El potencial de riego complementario en cada provincia está determinado ya sea tanto por limitaciones de la disponibilidad hídrica, como por restricciones a la viabilidad económica, según el caso, tal como puede observarse en el cuadro siguiente.

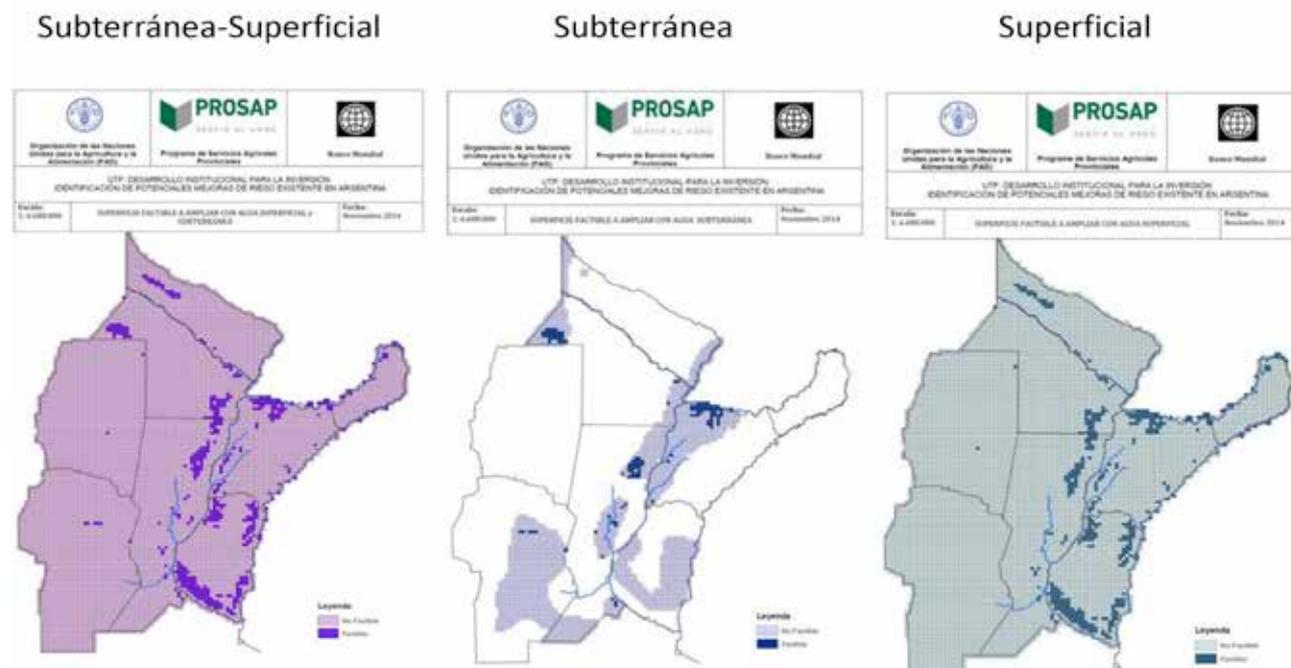
Cuadro N°136. Superficie a ampliar con aguas superficiales por riego complementario

	Restricción Económica		Restricción Hídrica								
Limite p/cauces Reiterados	Bs. As.	Chaco	Cordoba	Corrientes	Entre Rios	Formosa	Misiones	Salta	Santa Fe	Sgo. del Estero	Total Cauce
Parana	-	330.000		660.000	1.100.000		150.000		560.000		2.800.000
Paraguay	-										-
Uruguay				110.000	650.000		60.000				820.000
Corrientes				100.000							100.000
Carcaraña									33.702		33.702
Bermejo		64.565				262.884		10.000			262.884
Salado									42.582	48.690	48.690
Santa Lucia				70.000							70.000
Miriñay + Aguapey				33.486							33.486
Gualeguay					13.670						13.670
Iguazu							50.000				50.000
Dulce									1.915		1.915
Acumulados	-	394.565	-	973.486	1.763.670	262.884	260.000	10.000	638.199	48.690	
Totales	-	330.000	-	973.486	1.763.670	262.884	260.000		595.617	48.690	4.234.347

En el caso de riego con aguas subterráneas, se tomó el volumen sustentable de cada acuífero. El procedimiento de cálculo de la superficie factible de riego (SFR) de recarga, es similar al anterior, a diferencia que en aguas superficiales se tuvo en cuenta la disponibilidad temporal del recurso mientras que en aguas subterráneas se tuvo en cuenta el valor anual.

Los mapas a continuación muestran algunos resultados, a raíz de cruzar los factores económicos, las restricciones mencionadas, y la disponibilidad hídrica en cada celda los cuales son considerados para el análisis a través de la Herramienta Multicriterio.

Cuadro N°137. Área potencial a ampliar con riego complementario



La superficie total a ampliar bajo riego complementario, se estima de esta forma en 4.730.000 hectáreas, siendo la inversión requerida de 16.513 Millones USD.

Cuadro N°138. Resumen de superficie e inversiones requeridas en riego complementario

	Fuente Superficial (ha)	Fuente Subterránea (ha)	Total (ha)	Inversión Total (millones USD)
Buenos Aires				
Catamarca				
Chaco	390,000	300,000	680,000	2,974
Cubut				
Córdoba		50,000	50,000	160
Corrientes	940,000	480,000	950,000	2,475
Entre Ríos	1,750,000		1,750,000	6,112
Formosa	260,000		260,000	1,043
Jujuy				
La Pampa				
La Rioja				
Mendoza				
Misiones	250,000		260,000	453
Neuquén				
Río Negro				
Salta	10,000		10,000	32
San Juan				
San Luis				
Santa Cruz				
Santa Fe	630,000	380,000	750,000	3,151
Sgo. del Estero	20,000		20,000	112
Tucumán				
Tierra del Fuego				
Total	4,250,000	1,210,000	4,730,000	16,513

Cabe destacar que las superficies de las áreas de riego complementario, surgen de la combinación de la superficie viable a regar con aguas subterráneas y superficiales, no de la suma directa. Como ejemplo, se puede mencio-

nar que en Santa Fe existen 260,000 ha con viabilidad en ambas fuentes, al igual que en Corrientes existen 470,000 ha viables también para ambas fuentes.

Estudio de caso: Riego Complementario.

Avellaneda, Santa Fe.

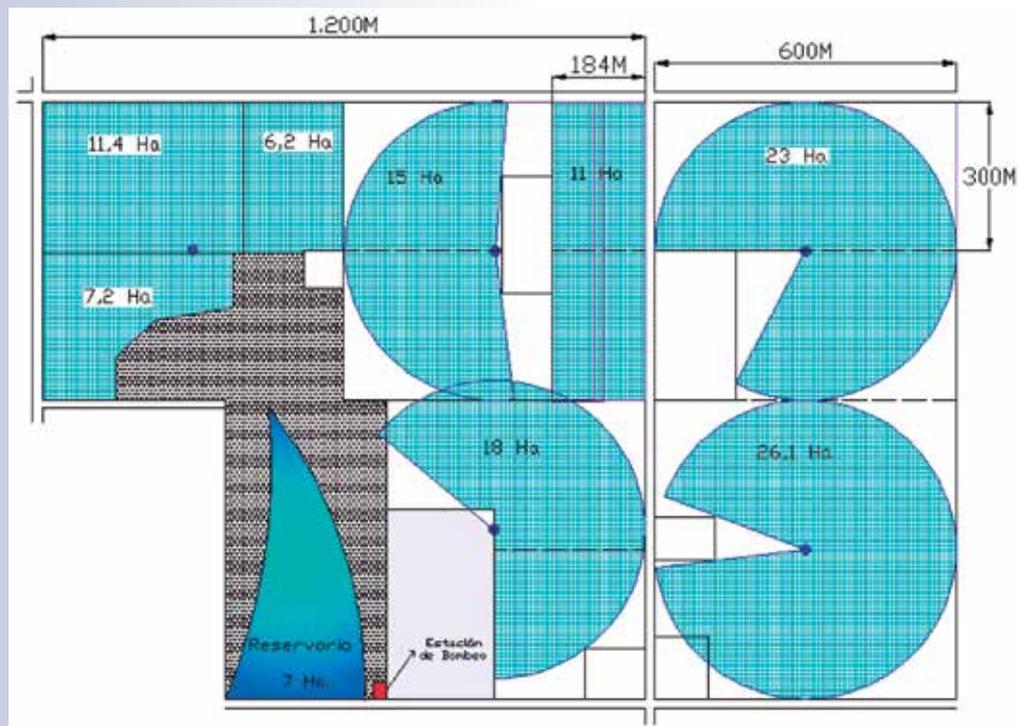
A continuación se muestra como ejemplo el caso de Las Vertientes, ubicada en Avellaneda, provincia de Santa Fe. Se trata de un grupo de riego que cuenta con 6 productores. Abarca en total 145 hectáreas, aunque en realidad ellos trabajan una mayor superficie, fuera del área de riego.

Los cultivos que mayoritariamente producen son: algodón, maíz, soja, trigo, girasol, avena, y ocasionalmente sorgo. Se emplean sistemas de riego por aspersión (pívot central y avance frontal) y riego por surco. Evalúan la posibilidad de instalar un lote con riego por goteo subterráneo, y obtienen agua a través de una represa de cierre frontal, con una capacidad de almacenamiento de 125.000 m³ y un área de aporte de 340 hectáreas.

Cuadro N° 139. Ubicación Grupo La Vertiente



Cuadro Nº 140. Ubicación equipos de riego en Grupo Las Vertientes



La zona de estudio está ubicada dentro de la llanura chaqueña y presenta un paisaje plano extendido suavemente ondulado, con predominio de relieves normal-subnormales, con suaves lomadas moderadamente bien drenadas, interrumpidas por vías de escurrimiento permanentes y temporarias. Específicamente en la Zona de Riego planteada para la Etapa I del Proyecto, el ambiente corresponde a un paisaje conformado por lomadas de coronamiento plano cortada por suaves depresiones y vías de avenamiento de NO-SE.

Son suelos utilizados principalmente con cultivos agrícolas, siendo la principal limitante de uso su deficiente drenaje interno.

Los suelos de la Zona de Riego se encuentran distribuidos en el paisaje formando asociaciones, constituidas por Argiudoles ácuicos, vérticos y típicos, como los más representativos. Tienen en común un epipedón mólico y un horizonte de transición alrededor de los 30 cm antes del endopedón argílico.

La mayoría de los Argiudoles tienen una textura franca a franca-limosa en superficie (50-60% de limo, 19-25% de arcilla y 23-30% de arena) y se hace más arcillosa en profundidad, con más del 40 % de arcilla y alto grado de hidromorfismo. Los materiales parentales son sedimentos loésicos retrabajados por la acción fluvial.

Los suelos son moderadamente profundos, y en función de su ubicación en el paisaje son de moderado a imperfectamente drenados, con escurrimiento medio a lento y una permeabilidad moderadamente lenta. Precisamente una de las limitantes es ese pobre drenaje interno que responde a la génesis del suelo, a lo cual se suma la densificación de los horizontes superficiales (encostramiento y piso de arado), producida por la actividad agrícola.

Desde el punto de vista de la fertilidad química, los resultados analíticos de fósforo disponible en los diferentes horizontes de los perfiles estudiados, muestran valores altos en superficie asociado a la acción antrópica y valores muy bajos en profundidad, lo que evidencia que ese déficit de fósforo disponible está relacionado con el material origi-

nal, a excepción de los Argiudoles ácuicos que están bien provistos de este elemento.

No se encontraron sales y/o álcali tanto en superficie como en profundidad. El pH en superficie es ligeramente ácido y tienen moderada a baja capacidad de intercambio catiónica.

Son suelos de bajo a medio contenido de materia orgánica (1.3 a 2.2 %). Este parámetro es muy afectada por el manejo del suelo, ya que en él área se hace agricultura y los suelos han sido sometidos a un uso agrícola durante mucho tiempo.

Desde el punto de vista de fertilidad física, uno de los problemas que presentan es que son susceptibles a una degradación de la estructura del horizonte superficial, relacionado al alto porcentaje de limo en su composición granulométrica.

Precisamente la clase de textura superficial y los bajos valores de materia orgánica que poseen los hace susceptibles al encostramiento superficial ante precipitaciones intensas, lo cual afecta la infiltración del agua en el suelo y provoca un mayor escurrimiento superficial si están en leves pendientes. Otros de los aspectos a tener en cuenta es que la presencia del endopedón argílico limita el movimiento de agua y la penetración de las raíces de los cultivos, por eso estos suelos son más productivos en función de este horizonte se aparezca a mayor profundidad. Estudio de suelos Proyecto Riego Suplementario Avellaneda – Cátedra de Edafología FCA UNER 23.

Lo citado precedentemente, deja en evidencia la necesidad de un buen manejo de estos suelos en uso agrícola. Requieren aumentar al aporte de materia orgánica a través de la incorporación de los rastrojos de cosecha o de abonos verdes, para elevar el nivel de materia orgánica del suelo y con ello los efectos benéficos que ésta produce tales como, mayor agregación, aireación, porosidad, retención de agua y aporte de nutrientes. También son importantes que los barbechos aseguren la cobertura superficial que permitan reducir el impacto de la gota de lluvia, y por ende reducir el encostramiento superficial.

A continuación se realiza una caracterización técnica del sistema:

Cuadro N°141. Costos básicos y la inversión general

Descripción y costos Precio de la tierra	Grupo de riego La Vertiente 5000 U\$S/ha
Infraestructura hidráulica	Represa
Infraestructura eléctrica	Si, Cooperativa
Energía para bombeo	Eléctrica
Costo energía	0,40 \$/kw
Altura que eleva el agua	5 m (hay represa)
Grupo o consorcio de regantes	Si, grupo
Costo riego	0,32 U\$S/mm
Costo equipo (estudios, desarrollo y puesta en marcha incluidos)	2200 U\$S/ha
Movimiento de suelo	Costo extra por represa, movimiento de tierra
Equipo de riego	Pívor
Descripción equipo	4 posiciones que riegan 90 ha en total
Observaciones	Poseen también equipo de avance frontal de 100 m pero está casi en desuso. También riego por manto.
mm riego en maíz	130 mm
mm riego en algodón	140 mm
mm riego en trigo	65-80 mm
mm riego en soja	120 mm
mm riego en girasol	para lograr emergencia solamente

Se describen también los márgenes brutos y la rentabilidad, asociados a los principales cultivos de cada caso con y sin riego.

Cuadro N°142. Márgenes brutos sin riego

Margen bruto esperado en campo propio sin riego

Valor riego · U\$S/mm 1,12					
Precio	U\$S/tn			\$/tn	\$/qq
Soja	254		03/nov	2164	216
Maíz	133	Dólar	8,52	1133	113
Trigo	145			1235	124

Detalle de insumos y labores			
	MAIZ	TRIGO	SOJA
INSUMOS	3371	1637	1273
LABORES	1049	891	1160
RIEGO	0	0	0
SEGURO	227	163	173
TOTAL GASTOS \$/ha	4646	2691	2607
RENDIMIENTO QQ/ha	32	17	15
PRECIO BRUTO A COSECHA	113	124	216
COMISIÓN %	2	2	2
FLETE LARGO \$ qq	15	15	15
FLETE CORTO \$ qq	6	6	6
PARITARIA \$ qq	3,5	3,5	3,5
SECADA \$ qq	0	0	0
PRECIO NETO QQ	87	97	188
INGRESO BRUTO	2770	1642	2814
M. B. \$/ha SIN RIEGO	-1650	-886	380
RTO. DE INDIF. SIN RIEGO	51	26	13
RENTABILIDAD SIN RIEGO	-40	-39	8

Cuadro N°143. Márgenes brutos con riego

Margen bruto esperado en campo propio con riego.				
Valor Riego: U\$S / mm 0,32				
Precio	U\$S/tn		\$/tn	\$/qq
Soja	254	03/nov	2164	216
Maíz	133	Dólar 8,52	1133	113
Trigo	145		1235	124
Girasol	293		2495	250

DETALLE DE INSUMOS Y LABORES				
	MAIZ	TRIGO	GIRASOL	SOJA
INSUMOS	4025	1839	1733	1401
LABORES	1049	891	909	1160
RIEGO	42	23	6	38
SEGURO	227	163	499	173
TOTAL GASTOS \$/ha	5342	2917	3148	2773
RENDIMIENTO QQ/ha	75	27	18	22
PRECIO BRUTO A COSECHA	113	124	250	216
COMISIÓN %	2	2	2	2
FLETE LARGO \$ qq	15	15	15	15
FLETE CORTO \$ qq	6	6	6	6
PARITARIA \$ qq	3,5	3,5	3,5	3,5
SECADA \$ qq	0	0	0	0
PRECIO NETO QQ	87	97	220	188
INGRESO BRUTO	6491	2607	3963	4127
M. B. \$/ha CON RIEGO	1149	-309	814	1354
PTO. DE INDIF. CON RIEGO	62	30	14	15
RENTABILIDAD CON RIEGO	22	-11	26	49

A través de encuestas con los responsables del proyecto, se identificaron los siguientes beneficios asociados al caso, clasificándose en sociales, ambientales y económicos/productivos.

Beneficios sociales

- Trabajo en equipo.
- Agente motivador de los propietarios, empleados y vecinos. Se están analizando 8 nuevos proyectos.
- Mayor capacitación y dedicación. Práctica intensiva.

Beneficios ambientales

- Mejora de los suelos, mayor profundidad de enraizamiento.
- Aumento de la fertilización.
- No se modifica el agua subterránea ya que en la represa se almacena agua de lluvia.
- Manejo con Buenas Prácticas Agrícolas.

Beneficios económicos/productivos

- Aumento de entre un 50 y un 130% de la producción.
- Mejora de la calidad de los productos cosechados.
- Mejora importante de la situación económica de la empresa.
- Aprovechamiento de la represa para criar Pacú. Valor agregado al proyecto.
- Acceso a un crédito del MINAGRI y la Municipalidad de Avellaneda.
- Buena disponibilidad de infraestructura eléctrica y de caminos.

Por medio de encuestas se relevaron también las dificultades y riesgos asociados al caso de estudio (en los siguientes puntos están resumidas):

- Sin crédito no hay proyecto.
- Práctica intensiva. Requiere mayor dedicación y capacitación de los involucrados.
- Dificultad en los acuerdos por ser un grupo de productores.

Se realizaron, entre otras, las siguientes recomendaciones:

- Generar un clima de negocios regional, de incentivo a la inversión privada.
- Mejorar la comunicación entre Municipios, Gobierno provincial y productores.
- Facilitar el acceso al financiamiento de largo plazo.
- Brindar financiamiento a largo plazo para inversiones en riego.
- Impulsar sistemas de producción sustentables.
- Planes de desarrollo para favorecer el agregado de valor en la región.
- Planes de desarrollo territorial.

- Promover el uso de nuevas tecnologías y buenas prácticas.
- Adoptar esquemas de certificación de producción sustentable, para mostrar al mundo la producción Argentina.
- Incrementar la red de infraestructura vial y logística.
- Favorecer el acceso a energías renovables, a través de créditos a largo plazo.
- Crear mecanismos de asociación entre sector público y sector privado para incentivar el progreso local.
- Estimular la gestión de fondos estatales, para el crédito agropecuario en proyectos de riego.
- Inducir el desarrollo de las áreas rurales, para incentivar asentamientos en los campos.
- Promover el asociativismo entre productores, productores e instituciones, productores y Estado, y entre toda la cadena de valor.
- Generar oportunidades de capacitación para productores, operarios y demás trabajadores rurales.
- Impulsar capacitaciones de institutos nacionales (INTA, etc.), organismos del sector y compañías privadas.
- Concebir incentivos para que se participe de estas capacitaciones.

Como conclusión del análisis de este estudio de caso, se validan las consideraciones asumidas en el estudio en cuanto a: incremento de productividad con riego complementario, para los modelos de cultivo analizados, costos de producción, requerimientos hídricos considerados, costos de operación y mantenimiento del riego. Adicionalmente a partir del análisis se evalúan ciertos factores limitantes que son evaluados y analizados dentro de la propuesta.

Resumen

En resumen, para las áreas con riego complementario se presenta la siguiente información general:

Cuadro N° 144. Resumen Áreas Riego Complementario

RIEGO COMPLEMENTARIO	
Superficie total ha	
Con riego complementario (fuente superficial)	4.260.000 ha
Superficie total ha	
Con riego complementario (fuente subterránea)	1.210.000 ha
Superficie total ha	
Con riego complementario	4.730.000 ha
Inversión Total	16.513 Millones USD

Capítulo V

REUSO AGUAS RESIDUALES

En el presente capítulo se abordan temáticas que son transversales a las tres tipologías de áreas en estudio. De esta manera se presentan los análisis realizados en los marcos institucionales, normativos, ambiental, social y legal.

Estos aspectos inciden fundamentalmente tanto en el diagnóstico e identificación de debilidades y limitaciones, como en las consideraciones a contemplar para posibilitar y/o favorecer la implementación de acciones orientadas a incrementar el área irrigada en la Argentina.

Aguas Residuales

Argentina cuenta con una buena cobertura de agua potable en general, y no sucede lo mismo con los servicios de saneamiento, a los que sólo el 48% de la población tiene acceso (INDEC, 2010). Se estima que la universalización de ambos servicios costaría 10.000 millones de dólares (BID, 2005-2007). Ver Anexo 8.

Respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales, su existencia no está muy extendida en el país, ya que sólo el 35% de las aguas se tratan, mientras el resto se vierte a ríos y mares. Por lo cual, las Guías de 2006 cobran relevancia y ayudan en gran medida a rentabilizar un recurso que se está perdiendo y al mismo tiempo contaminando.

La utilización de aguas residuales en agricultura, tratadas o sin tratar, es una opción que empieza a tomar peso en diversas zonas del planeta, como una respuesta alternativa al creciente déficit hídrico y, sobre todo, a la fuerte competencia entre las zonas urbanas y periurbanas por agua dulce.

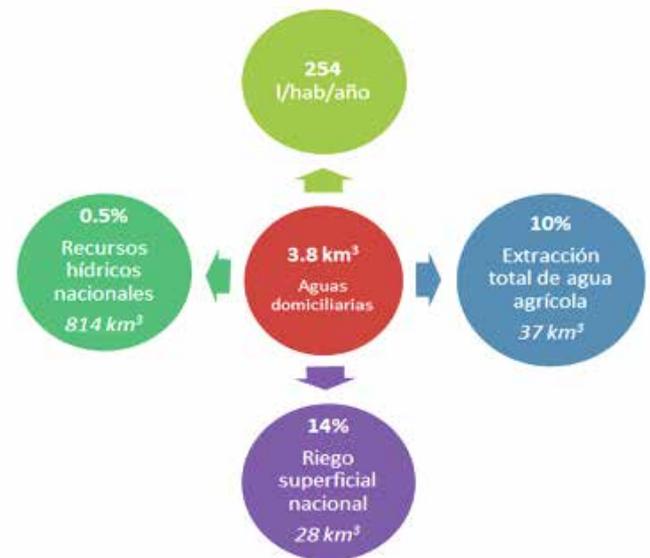
El déficit hídrico puede deberse a factores climáticos, como sequías recurrentes, y también a la contaminación de las aguas superficiales y los acuíferos por diversas fuentes, lo que provoca una reducción de la cantidad de agua segura para el consumo. Una de estas fuentes, es la disposición irresponsable de las aguas servidas.

Los potenciales beneficios para cada grupo de interés serían: a) los agricultores tendrían una fuente disponible de agua todo el año; b) las ciudades contarían con la posibilidad de tratar aguas de menor costo, y el agua dulce podría destinarse a usos de mayor valor económico, reduciéndose por tanto la competencia con la agricultura; c) medioambientalmente, los beneficios representan la conservación de los cuerpos de agua dulce, ya que habría menor extracción, y la prevención de la contaminación de las aguas superficiales.

En el Estudio, el interés se enfocó a nivel de finca, por lo que deben considerarse algunas barreras, ya sea por separado o una combinación de las mismas: restricción de cultivos, riego localizado, período de retención, tratamiento previo al uso, métodos de control, movimiento de sedimentos, pequeños diques, etc.

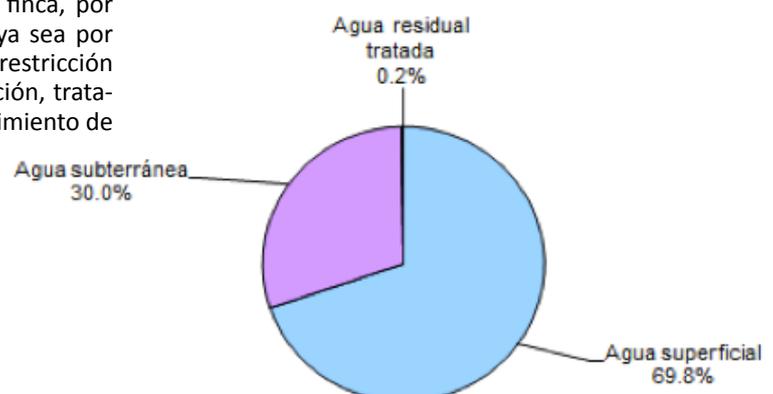
En 2011 se produjeron 3,8 km³ de aguas residuales, de las cuales fue tratado el 35% (1,3 km³), y 7% de estas aguas tratadas se usaron de manera directa.

Cuadro Nº145. Producción de agua residual y recursos hídricos



Con respecto a la reutilización de las aguas residuales, ha sido Mendoza pionera en esto, y desde 1996 le da forma legal a la reutilización de aguas residuales tratadas. Hoy en Mendoza se riegan con aguas residuales más de 15.000 ha.

Cuadro Nº146. Extracciones de agua por origen en Argentina



En Argentina anualmente se producen cerca de 4 km³ de aguas residuales, cifra equivalente al 10% de las extracciones anuales de agua dulce para fines agrícolas. Se trata el 35% de las aguas residuales producidas (el resto es vertida cruda a ríos y mares).

Las aguas residuales producidas anualmente, podrían abastecer de riego complementario a las hectáreas de girasol del país, o a la mitad de la producción de maíz. Por lo tanto, es necesario recuperar un recurso que puede ser beneficioso, si se utiliza de una manera correcta y segura.

Efecto financiero de la reutilización

En los proyectos de reutilización, hay siempre un intercambio de aguas de diversa calidad, entre los diferentes actores: el análisis de la situación, depende de las demandas de agua para los diferentes usos, surgiendo una mezcla de beneficios y costes evitados. A continuación se puede ver una compilación de beneficios y dificultades financieras que pueden esperarse.

Cuadro N°147. Efecto financiero de reutilización sobre partes interesadas

Parte interesada	Efectos positivos	Efectos negativos	Factores clave
Gobierno central	Coste evitado de transporte de agua dulce entre estados. U otras infraestructuras.	Coste de capital inicial. Costo fiscal neto de las transferencias y compensacion pagada a otras partes interesadas.	Delimitación de responsabilidades fiscales y financieras entre las distintas áreas de admin. Política de precios de agua. Acceso a financiamiento externo.
Gobiernos estatales, autoridades regionales del agua	Ingresos fiscales de un mayor desarrollo de las áreas urbanas y rurales gracias a una mayor seguridad del agua	Financiamiento de capitales de los proyectos y costos de operación y mantenimiento. Compra de efluente a las plantas de tratamiento municipales	Regalmentaciones ambientales y de salud pública locales.
Servicios municipales	Reducción de los cargos por contaminación	Costo de capital y operación de las nuevas instalaciones e infraestructuras. Costos de las medidas de salud pública y restricciones sobre el uso de servicios para uso recreativo.	Política de tarifas del efluente y del agua dulce. Distribución de los costos entre usuarios y autoridades. Nivel de déficits actuales y futuros del agua.
Agricultores	Mayor fiabilidad del efluente. Ahorros en la captación y extracción. Ahorros de fertilizantes, aumento del rendimiento y de los ingresos por ventas	Costo de las restricciones de productos	Cálculo de los costos del proyecto son originados y recuperados por parte de los agricultores. Alternativas disponibles (ej. Aguas subterráneas propias) Precio que se asigna al efluente en comparación con el precio del agua dulce. Severidad de los productos restringidos
Medio Ambiente	Menor extracción de ríos y acuíferos. Menor contaminación de las aguas por vertido de aguas residuales.	Menor caudal en rios por la desviación de las aguas residuales a los regantes.	Calidad del efluente de aguas tratadas, si es mayor que la requerida, se puede justificar el Pago por Servicios Ambientales para compensar el costo de tratamiento adicional. Se produce una interrupción del ciclo hidrológico con la desviación del efluente, que podría impactar en el medio ambiente.

Fuente: FAO

Desafíos para el reúso de aguas residuales

Se plantearon varios desafíos, para que el reúso de aguas residuales en la agricultura argentina se haga una realidad:

- Actualmente, las empresas prestadoras de servicios sanitarios encuentran dificultades, para cubrir los costes de operación y mantenimiento de sus actividades. Con una gestión hídrica integral, que convierta el agua residual en un recurso, será más factible la recuperación de costos.
- Hay un desconocimiento generalizado de las guías de la OMS (2006), por lo que resalta la necesidad de fortalecer capacidades técnicas e institucionales en el reúso seguro.
- Existe una deficiencia de información, acerca de las aguas residuales: volúmenes, tratamiento, uso, vertidos, impactos, etc.
- La planificación y los estudios de viabilidad para un proyecto de reúso, necesita de un análisis completo de todos los recursos hídricos a nivel de cuenca.
- En general, en los proyectos de saneamiento no participan instituciones pertenecientes a los Ministerios de Agricultura y de Medio Ambiente.

Capítulo · VI

ASPECTOS TRANSVERSALES

· A · Institucional Legal

Desde el punto de vista legal, en términos generales, es facultad exclusiva de las provincias, el dominio y la jurisdicción o potestad de reglamentar aprovechamiento de los recursos hídricos (Artículos 124, 121 y 41 Constitución Nacional). Es en este ámbito donde se desarrolla la participación de los usuarios. En virtud de ello, el desarrollo del principio jurídico de participación de los usuarios, su implementación y la generación de instrumentos asociativos, ha sido diferente en su evolución, de acuerdo a la realidad de cada provincia argentina.

La consagración de instrumentos asociativos de gestión de los recursos hídricos, tuvo preponderancia a partir de la colonización de tierras, la organización de los regadíos y la actividad agropecuaria (sobre la que se enmarcó el desarrollo social y económico característico de Argentina en los últimos cien años).

Esta matriz agropecuaria y luego agroindustrial, tomó impulso a partir de las últimas décadas del siglo XIX y primeras del siglo XX, fundamentalmente por otros dos factores: las corrientes culturales inmigratorias (costumbres) y el desarrollo de la infraestructura (camino, electricidad, canales y obras hidráulicas). Otro punto a tener en cuenta, es la extensión del territorio argentino, con rica diversidad climática, geográfica y topográfica, donde el agua se presenta en ciertas zonas abundante y generosa; y en otras zonas, resulta un bien escaso, por lo que no surge una legislación homogénea.

Por ejemplo, la llamada “Mesopotamia” argentina, al NE del país, tiene un régimen de precipitaciones y humedad que hacen innecesarios en general la implantación de sistemas de regadíos, almacenaje, conducción y distribución del agua: sus leyes tienden más a evitar los efectos nocivos del exceso y abundancia de agua, que a establecer su regulación, distribución y aprovechamiento. Semejante circunstancia produjo la ausencia de regulaciones vinculadas a la conformación de comunidades de usuarios, por no existir tampoco una infraestructura común que administrar, salvo en aquellos aspectos que se refieren al control de inundaciones y avenidas.

En los últimos años se sancionaron normas tendientes a fomentar la existencia de comunidades de usuarios, aunque la situación es diferente en las provincias del Oeste argentino, sobre todo las ubicadas a lo largo de la Cordillera de los Andes. En ellas, el agua disponible proviene del escurrimiento de nieve, y su planicie se conforma de zonas áridas.

En estas provincias, el agua disponible es por lo general la proveniente del escurrimiento de las nieves andinas que precipitan durante el invierno, y cuya planicie se conforma de zonas de marcada aridez y de escaso promedio de precipitaciones pluviales.

Dichos aspectos, sumados a los de la historia de cada provincia, a los socioculturales y económicos, y a los jurídicos-competenciales, han dado como consecuencia la diversidad de legislación sobre administración de aguas que existe en la Argentina, a lo largo de su geografía. Y en esta realidad también se encuentra comprendida la regulación de las organizaciones de usuarios y el grado de participación de las mismas en la gestión de los recursos hídricos.

Más allá de las generalidades que introducen al tema, se analizaron en particular los esquemas legales de Permisos y Concesiones de Aguas (sus requisitos, plazos, caducidad, inherencia del Derecho al Predio, etc.), además de la Titulación de tierras, especificando los respectivos perfiles de cada provincia (ver Informe Institucional y Legal, Apéndice correspondiente). Allí se observan las distintas variables y obstáculos que presentan los actuales sistemas de titulación de tierras (régimen de propiedad y tenencia), para la posterior aplicación de determinados parámetros a la matriz elegida.

El estudio incluye un análisis institucional y legal, a través de una Matriz de Evaluación Institucional aplicable a cada provincia, de acuerdo a si se trata de sistemas integrales o complementarios.

Las Variables consideradas fueron: (i) Normativa; (ii) Permisos y Concesiones de Aguas; (iii) Régimen de Propiedad y Tenencia de la Tierra; (iv) Esquema de Gestión Institucional del Agua; (v) Participación Organizada de los Usuarios; (vi) Valoración del Agua; (vii) Pago canon de riego; (viii) Sistemas de Información sobre el Recurso Hídrico; (ix) Perspectiva de Tecnificación del riego; (x) Esquema de Financiamiento y (xi) Régimen de Energía Eléctrica provincial.

Por cada sistema se construyó un perfil que registra la información relativa a las variables, sus dimensiones y valoraciones en las respectivas provincias.

Cuadro N°148. Matriz de Evaluación Institucional (por variable y sistema)

Matriz de Evaluación				
Sistema Variable	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Integral	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Complementario
Normativa (Admijaje jurídico establecido para gestionar el agua de riego)	Alto	El tipo de sistema de riego requiere de un marco normativo que regule de manera estructural un sistema de uso colectivo	Medio	Necesidad de regulaciones específicas por prácticas individuales
Permisos y Concesiones de Aguas	Alto	Los instrumentos de regulación sobre uso y aprovechamiento privativo de las aguas y cauces públicos y sus características ejercen una influencia determinante para este tipo de sistemas por las características de los cultivos y las inversiones que implican.	Medio	Los instrumentos de regulación sobre uso y aprovechamiento privativo de las aguas y cauces públicos y sus características ejercen una influencia moderada para este tipo de sistemas y cultivos
Régimen de propiedad y tenencia de la Tierra	Alto	La consolidación legal de la tenencia de la tierra favorece/ potencia el desarrollo de los sistemas y la incorporación plena de los productores a mercados competitivos	Alto	La consolidación legal de la tenencia de la tierra favorece/ potencia el desarrollo de los sistemas y la incorporación plena de los productores a mercados competitivos

Matriz de Evaluación				
Sistema Variable	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Integral	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Complementario
Esquema de Gestión Institucional del Agua	Alto	El rol del sector público gubernamental es clave para la gobernabilidad del sistema	Bajo	No es excluyente para la gobernabilidad del sistema y el desarrollo de las explotaciones
Participación Organizada de los Usuarios	Alto	La participación organizada determina el desarrollo Y gobernabilidad del sistema de riego, sobre todo por las características de la fuente del recurso.	Bajo	No existe necesidad de integración de los usuarios como usuarios colectivos de un sistema
Valoración Agua (Conciencia sobre el recurso)	Alto	Fundamental la conciencia colectiva que se tenga sobre el recurso hídrico (Valoración por Necesidad)	Bajo	No existe necesidad extrema sobre el recurso. (Valoración por Aumento de rendimientos)
Pago Canon de Riego (Recaudación y acciones de cobro)	Alto	Condicionante Estructural para la sostenibilidad, operación y mantenimiento del sistema.	Bajo	Sistemas privados de captación y uso. Acceso opcional al recurso hídrico

La Matriz constituyó un modelo de evaluación cualitativo que facilitó el análisis de la viabilidad ex ante, con el objetivo de definir y fortalecer las estrategias provinciales, al momento de iniciar la formulación e implementación de iniciativas, identificadas, tanto en relación a las ampliaciones de áreas de riego existentes como para nuevas áreas de riego integral y complementario.

Matriz de Evaluación				
Sistema Variable	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Integral	Nivel de Criticidad de la Variable	Riego Complementario
Sistemas de información sobre el recurso hídrico	Alto	Mecanismos previstos de regulación de la oferta y ante variabilidad del recurso, inciden directamente en el desarrollo del cultivo	Medio	La escasez/ variabilidad del recurso hídrico no limita el desarrollo del cultivo
Perspectiva de Tecnificación del Riego	Medio	Mejora el rendimiento del cultivo y la eficiencia en el riego	Alto	Importante para aumentar rendimientos, productividad y comercialización y disminuir la variabilidad inter anual de los rendimientos
Esquema de Financiamiento	Medio	Al basarse en esquemas públicos el Estado es sujeto de crédito	Alto	La accesibilidad al crédito es fundamental para la expansión del sistema en base a la propensión a invertir de los privados
Régimen Energía Eléctrica Provincial	Bajo	No es un factor gravitante por el método de riego predominante en los sistemas	Alto	Imprescindible por la tecnificación de los métodos de riego y por la fuente

Cuadro N°149. Modelo de análisis Matriz de Evaluación Institucional

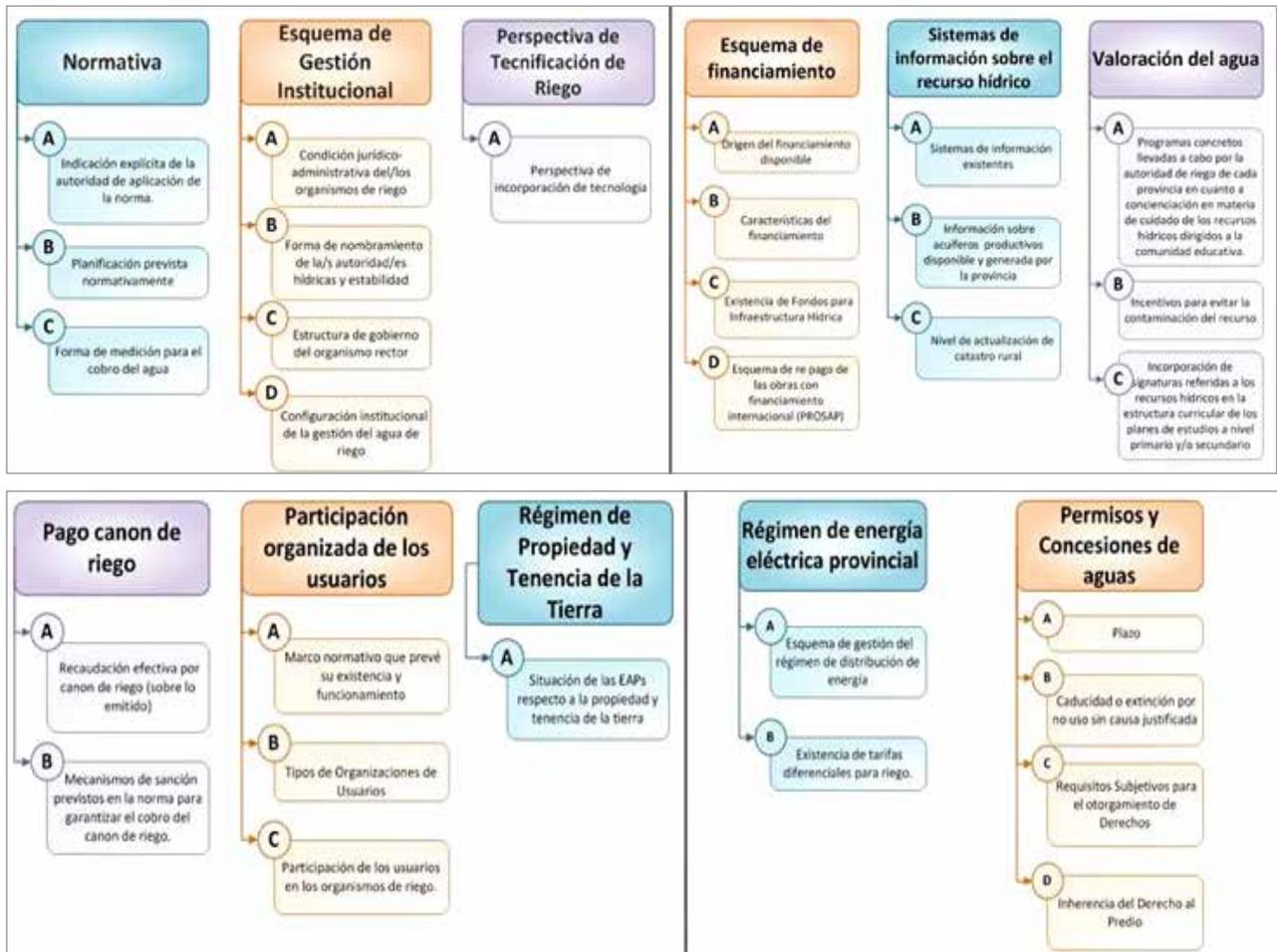


Metodología (síntesis)

La Matriz se compuso con las variables indicadas, operacionalizadas a través de dimensiones o subvariables, que tienen un peso relativo cada una de ellas, siendo además valoradas en función de qué tan importantes o críticas son, de acuerdo al sistema de riego del que se trate (ver detalle en Anexo 7).

La selección de las variables y las dimensiones o subvariables de cada una de ellas, está sustentada en un marco teórico que justifica su inclusión y pertinencia (ver detalle de variables y subvariables siguientes).

Cuadro N°150. Matriz de Evaluación: Variables y Subvariables



Toda esta información, se procesa a fin de obtener resultados finales por variable y por provincia, ponderados de acuerdo a la criticidad que tiene cada variable en los sistemas respectivos, según se trate de sistemas integrales o complementarios.

Las dimensiones de las variables han sido categorizadas, estableciendo valores de referencia o una definición que permite medirlas.

Los resultados permiten visualizar qué tan positivo o negativo es el diagnóstico en materia institucional y cuáles son los factores críticos, donde hay que concentrarse a la hora de diseñar e implementar acciones de fortalecimiento. Por cada provincia se construye un perfil que registra la información relativa a cada variable.

Cuadro N°151. Medición de Variables y Subvariables



Aplicación (síntesis)

La aplicación de la matriz descrita anteriormente, en base a información detallada y documentada por variables y dimensiones para cada provincia, arrojó los siguientes datos generales (ver Anexo 7):

• Áreas Existentes

Por tratarse de sistemas colectivos, en este grupo de provincias tienen alto grado de criticidad variables tales como: Esquema de Gestión Institucional, marco Normativo, Pago del Canon del agua de riego, Participación Organizada de los Usuarios, Régimen de permisos y concesiones previsto junto con Titularidad de la tierra, ya que se requieren inversiones físicas extra prediales de carácter estructural, para el funcionamiento y desarrollo del sistema, y suponen más allá del esquema público que establece las grandes regulaciones, costos a ser asumidos por quienes hacen uso de las tierras.

Como se puede apreciar, sólo Santiago del Estero registra puntaje negativo.

Cuadro N°152. Riego Integral áreas existentes. Resultados globales



Más allá de los resultados individuales alcanzados por cada provincia, a nivel de conjunto, mostró un comportamiento generalmente positivo, en aquellas variables que resultan críticas para el sistema; siendo deficitario lo relativo a los Sistemas de Información y Esquema de Financiamiento.

Destaca también que un aspecto esencial, como es la Valoración del Agua, registre valores mayormente negativos en casi todas las provincias del grupo.

**Cuadro N°153. Riego Integral áreas existentes.
Resultados por variable según provincias.**

RIEGO INTEGRAL SOBRE ÁREAS EXISTENTES						
Resultados Agregados según Variables						
Provincia	Mendoza	La Rioja	Salta	San Juan	Santiago del Estero	Tucumán
Variable						
Normativa	●	●	●	●	●	●
Esquema de Gestión Institucional	●	●	●	●	●	●
Perspectiva de Tecnificación de Riego	●	●	●	●	●	●
Esquema de Financiamiento	●	●	●	●	●	●
Sistemas de Información sobre el recurso hídrico	●	●	●	●	●	●
Valoración del agua	●	●	●	●	●	●
Pago canon de riego	●	●	●	●	●	●
Participación organizada de los usuarios	●	●	●	●	●	●
Régimen de propiedad y tenencia de la tierra	●	●	●	●	●	●
Régimen de energía eléctrica provincial	●	●	●	●	●	●
Permisos y Concesiones de aguas	●	●	●	●	●	●

Respecto de los resultados obtenidos en la variable Normativa, en los Códigos de Agua o Leyes, se encuentran regulados los aspectos que hacen a la gestión de los recursos hídricos provinciales.

La referencia a la planificación hidrológica, en la mayoría de las normas, es considerada como función de la autoridad de aplicación; sin embargo, en general no hacen referencia explícita a la obligatoriedad de una planificación que requiera de algún nivel de aprobación y resulte vinculante para aquella.

En cuanto al Esquema de Gestión Institucional, las dimensiones tenidas en consideración inciden directamente en la toma de decisiones al interior de los organismos de riego, aún con niveles diferentes de preponderancia. En este sentido, los resultados indican que Salta, Tucumán y Santiago del Estero, tienen organismos descentralizados con disímil nivel de alcance, pero con alta dependencia de los recursos provinciales y un acotado margen de manobra, en cuanto a los aspectos de gestión por la vinculación funcional a Ministerios o Secretarías que intervienen en aspectos puntuales, referidos ya sea a cánones de riego y su proceso de recaudación, el proceso de planificación y decisión sobre realización de obras, y la disponibilidad de los recursos provenientes del pago del canon de riego, entre otros aspectos; siendo sus autoridades designadas por el Poder Ejecutivo, sin participación de los usuarios en el/los organismos de gobierno.

Por su parte, San Juan y Mendoza se caracterizan por tener organismos autónomos y colegiados. La estabilidad de sus autoridades está dada por la forma de nombramiento de aquéllas, requiriendo acuerdo legislativo y por la duración de sus mandatos (entre 4 y 5 años), concentrando el poder de decisión sobre los aspectos que hacen al régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico en cada provincia; mientras que La Rioja recientemente ha creado el Instituto Provincial del Agua (IPALar), con características de autárquico.

El tema de la Participación Organizada de los Usuarios, resulta positivo que se encuentre contemplado normativamente en todas las provincias de esta muestra, variando el grado de detalle en cuanto a características y funciones.

En líneas generales, las provincias han avanzado en un proceso de formalización y fortalecimiento de las organizaciones de usuarios; sin embargo, las mayores carencias en cuanto a la participación, se registra en Santiago del Estero y La Rioja, con un relativo funcionamiento efectivo. Por otro lado, en Santiago del Estero la participación organizada de los usuarios, sólo se registra en la zona administrada por la Unidad Ejecutora del Servicio de Riego del río Salí Dulce; en La Rioja, la participación se da al amparo de una fuerte dependencia de la autoridad provincial. En la provincia de Salta, se da la particularidad de que la normativa prevé la creación de Consorcios de Aguas Subterráneas.

El régimen de Permisos y Concesiones de aguas, muestra que en general las concesiones para riego se entregan a los titulares de los predios o adjudicatarios, con título provisorio de tierras fiscales y a perpetuidad.

Al combinarse lo anterior con la situación jurídica respecto de la propiedad de la tierra, dichas provincias registran altos porcentajes de EAPs en condición de titularidad: Mendoza y La Rioja registran el mayor porcentaje con un 90% de EAPs en condición de titularidad, seguidas de Santiago del Estero con un 72% y la particularidad de contar con un 12% de EAPs, entre ocupación y régimen sin discriminar.

La provincia de Salta prevé el otorgamiento de concesiones a persona distinta del titular y a perpetuidad. Prever una condición diferente a la del titular en esta provincia, guarda relación con las variadas situaciones de condición jurídica de las EAPs donde el 57% se encuentra bajo el régimen de propiedad, seguida de un 12% en condición de arrendamiento y un 11,64% en condición de ocupación de hecho. En la provincia de San Juan, la concesión del agua de riego está prevista para el titular del dominio y a perpetuidad. Las EAPs en condición de titularidad se encuentran en el orden del 67%, y una tenencia sin discriminar de las más altas con un 21%.

El Pago del canon de riego, en la mayoría de provincias registra porcentajes positivos, y en evolución ascendente; sin embargo, Santiago del Estero muestra niveles de recaudación negativa (menos del 50%).

En referencia al Esquema de Financiamiento, en materia de líneas disponibles para los productores agropecuarios, destaca que en La Rioja, Santiago del Estero y Tucumán, el escenario es negativo al resultar casi inexistente el financiamiento público o privado provincial, con alta dependencia al financiamiento disponible a través de los bancos comerciales.

Además, si tenemos en cuenta la dimensión referida a existencia de tarifas eléctricas diferenciales para riego, en Santiago del Estero y Tucumán los beneficios al productor no están contemplados en los cuadros tarifarios.

Por su parte, Salta, Mendoza y San Juan, se caracterizan por una oferta de financiamiento público.

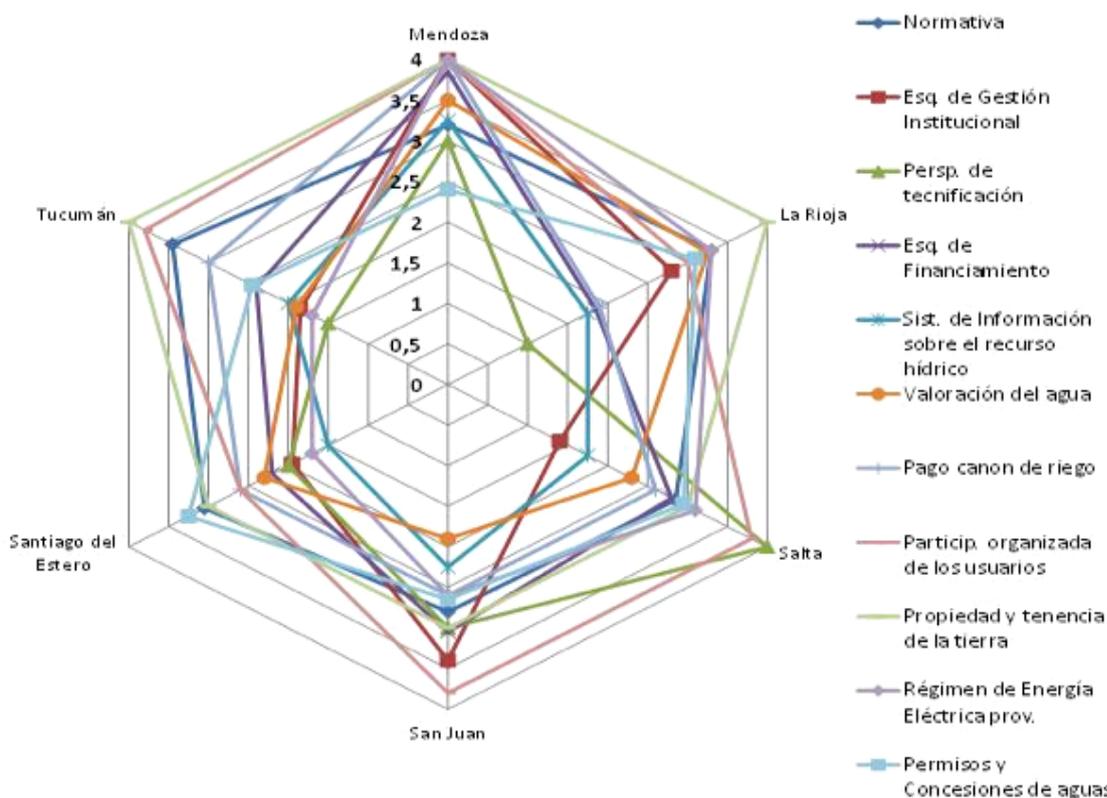
Sobre los Sistemas de Información, en este grupo de provincias se advierten mejoras, más que nada en los sistemas de Telemedición y de Información Geográfica; Salta, La Rioja y Santiago del Estero, obtienen una calificación negativa en estas dimensiones. A nivel agregado, la actualización del catastro rural y la información sobre acuíferos, sigue siendo un aspecto pendiente de mejora, para todas las provincias del grupo.

La perspectiva de incorporartecnificación, representa el denominador común a fortalecer en los regantes.

En líneas generales, en estas provincias donde la ampliación de hectáreas irrigadas se dará a partir de sistemas existentes, las líneas de acción que destacan son: fortalecimiento de las instituciones de riego, en materia de gestión y procesos de actualización de registros; por las características del sistema concesional que predomina, la titulación de tierras, formalización y sostenimiento de organizaciones de usuarios, junto con mejoras en la recaudación, para generar recursos propios destinados al mantenimiento del sistema.

El Cuadro siguiente nos muestra el comportamiento de las once variables evaluadas, en el conjunto de provincias estudiadas. Las líneas más cercanas al centro, representan aquellas variables que, en conjunto, muestran una performance más baja para este sistema; y a su vez, las más alejadas, manifiestan un comportamiento positivo.

Cuadro Nº154. Riego Integral áreas existentes. Resultados por variable

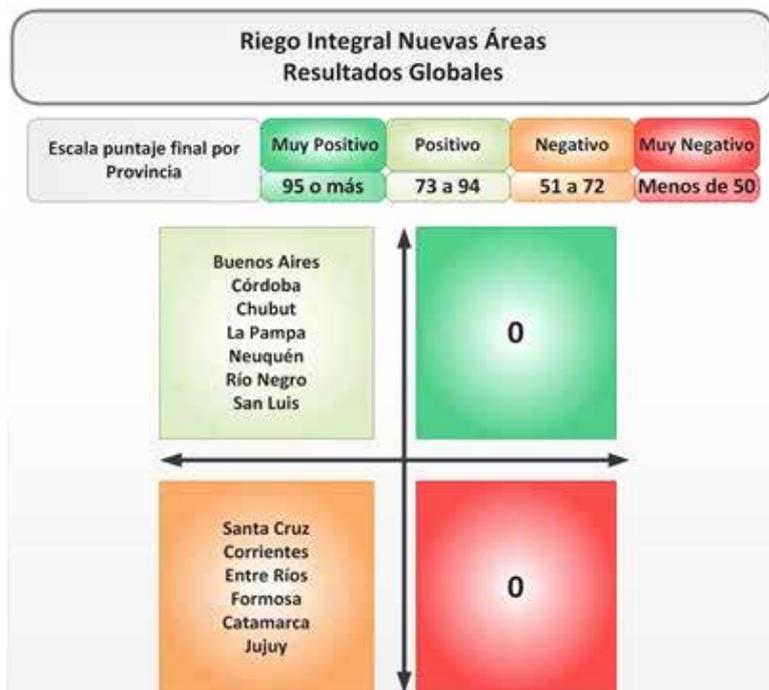


• Nuevas Áreas

La criticidad de las variables, es la misma que para el grupo de provincias caracterizadas como “áreas existentes”, ya que la matriz no diferencia en sistemas existentes o nuevos sistemas; sin embargo, el análisis e interpretación de las mismas, se realiza teniendo en cuenta estos aspectos (ampliación a partir de sistemas existentes o a través de nuevos sistemas).

En primer lugar, el grupo de provincias que integran esta sección, se divide casi en partes iguales entre Positivo y Negativo.

Cuadro Nº155. Riego Integral Nuevas Áreas. Resultados Globales



En cuanto a la variable Normativa, los resultados son positivos, ya que en general ésta prevé todos los aspectos de regulación del uso de aguas.

El esquema de Concesiones, observa en la mayoría de los casos, figuras diferentes a las del titular, en la medida que puedan demostrar algún título sobre el terreno. Esto es importante, porque en dicho grupo de provincias, la mayoría de ellas registra EAPs en condición de titularidad, en porcentajes considerablemente menores a las provincias con riego integral, que prevén la ampliación a partir de sistemas existentes. Pese a ello, se deberá tener especial consideración con la provincia de Neuquén, que registra un 23% de ocupación sin permiso, seguida por la provincia de Chubut con un 17% y Formosa con un 11,24%.

En el Esquema de Gestión Institucional, provincias como Chubut, con el Instituto Provincial del Agua; La Pampa con la Secretaría de Recursos Hídricos, que coordina su acción con los demás organismos competentes en materia hídrica (Ente Provincial del Río Colorado y Administración Provincial del Agua); y San Luis, con San Luis Aguas S.E; han evolucionado en la consolidación y sobre todo el ordenamiento del esquema institucional, reorganizando aspectos de gestión tales como la planificación o el fortalecimiento de las instituciones rectoras del agua de riego.

Sin embargo, ante el desarrollo de nuevas áreas, el Esquema Institucional de provincias como Catamarca, Jujuy, Entre Ríos y Santa Cruz, encontrará dificultades. En esta última, el esquema de gestión resulta complejo, ya que si bien existe la Dirección de Recursos Hídricos, ésta depende del Consejo Agrario Provincial, organismo que otorga permisos y concesiones, cuya conformación limita su capacidad operativa. En este sentido, Entre Ríos debería considerar el esquema previsto para la entrega de nuevas concesiones o permisos, porque se desarrolla a través del Consejo Regulador del Uso de Fuentes de Agua (CORUFA), de compleja composición y escaso funcionamiento efectivo, como así también repensar la matriz de gestión del agua de riego, previendo la inclusión de los usuarios.

Cuadro N°156. Riego Integral nuevas áreas. Resultados por variable según provincia

RIEGO INTEGRAL NUEVAS ÁREAS													
Resultados Agregados según Variables													
Provincia	Buenos Aires	Santa Cruz	Corrientes	Córdoba	Entre Ríos	Formosa	Catamarca	Chubut	Jujuy	La Pampa	Neuquén	Río Negro	San Luis
Normativa	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Esquema de Gestión Institucional	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Perspectivas de Tecnificación del Riego	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Esquema de Financiamiento	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sistemas de Información sobre el recurso hídrico	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Valoración del agua	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Pago canon de riego	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Participación organizada de los usuarios	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Régimen de propiedad y tenencia de la tierra	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Régimen de energía eléctrica provincial	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Permisos y Concesiones de aguas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

La perspectiva de tecnificación, refleja niveles negativos en la mayoría de las provincias de la muestra. Esto se vuelve relevante, ante un escenario de ampliación de áreas de riego, que incluirá a los usuarios como parte fundamental del proceso.

Frente a un escenario de nuevas zonas, la importancia de la información vuelve a ponerse en valor, sobre todo en la necesaria actualización de los catastros rurales.

Dentro de la variable Sistemas de Información, la dimensión referida a la actualización del catastro rural, con excepción de San Luis seguida por Río Negro, Buenos Aires, es negativa con porcentajes de actualización inferiores al 60%, siendo éste un registro que se caracteriza por su precisión.

Teniendo en cuenta el Financiamiento, provincias como Santa Cruz, Formosa, Entre Ríos, Catamarca, Corrientes y Jujuy, se encuentran con valoraciones negativas, por carecer de incentivos o líneas accesibles para productores primarios. Del total de provincias consideradas en la muestra, y teniendo en cuenta aquellas que han tenido alguna obra de riego a través del PROSAP, solamente las provincias de Entre Ríos, Buenos Aires y Neuquén, han previsto un repago a cargo de los usuarios.

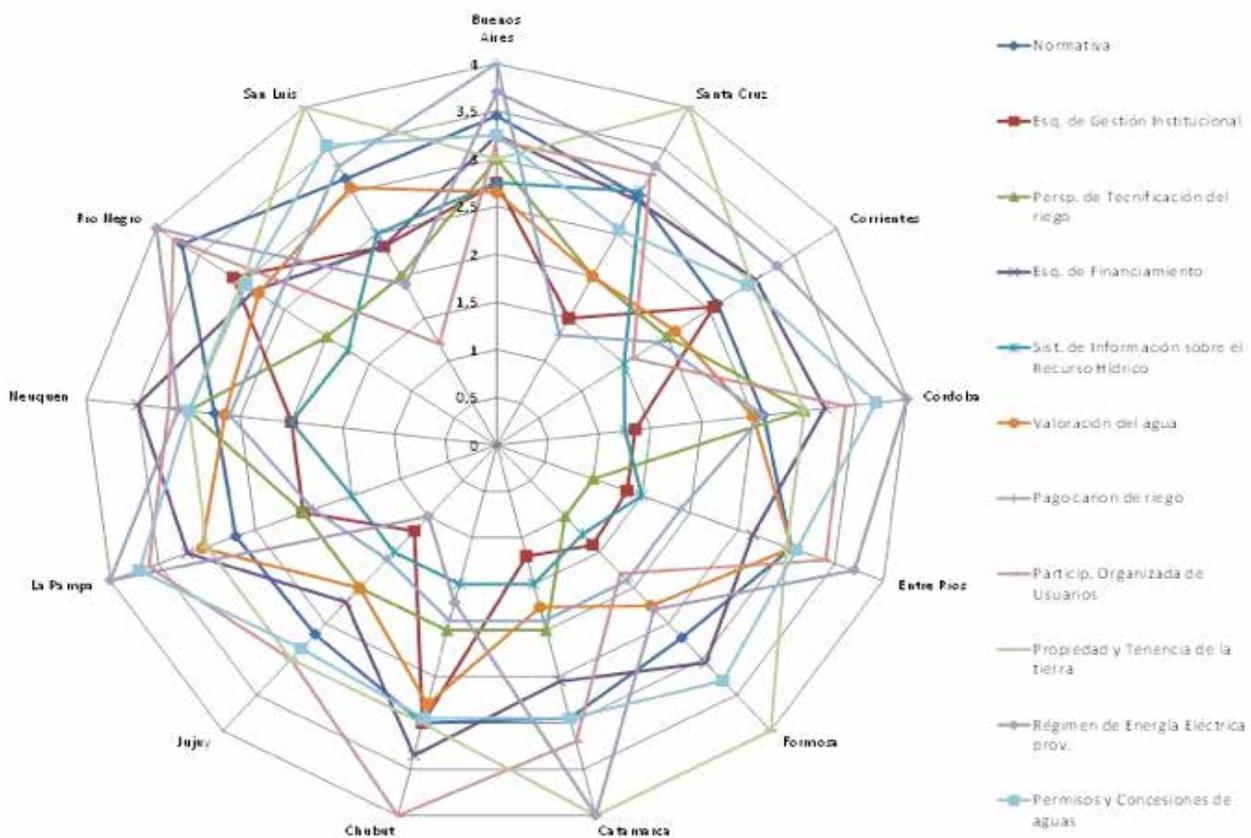
Con relación al Régimen de Energía Eléctrica, provincias como Jujuy, San Luis, Formosa, Chubut y Neuquén, registran un comportamiento negativo, agudizándose en Jujuy, Chubut y Neuquén, dado que no cuentan con tarifas diferenciales para riego.

En un escenario de nuevas concesiones, deberían instrumentarse mecanismos que permitan -al estilo de la provincia de Chubut- instrumentar programas de exenciones impositivas (por ejemplo, en el impuesto inmobiliario), por uso eficiente del recurso, para incentivar el mejor uso del agua.

En lo referente al esquema establecido de otorgamiento de los títulos administrativos (permiten al sujeto transformarse en titular de derechos y obligaciones sobre el sistema de riego), se aconseja rever sus particularidades de manera pormenorizada; porque resulta inviable en casos como Santa Cruz y Entre Ríos, con el consiguiente riesgo de frenar el desarrollo de nuevas zonas, o bien que los usuarios hagan un uso del agua sin un marco de normativo, ejerciendo el Estado una regulación residual.

El Cuadro siguiente muestra el comportamiento de las once variables evaluadas, en el conjunto de provincias estudiadas. Las líneas más cercanas al centro, representan aquellas variables que, en conjunto, muestran una performance más baja para este sistema; y a su vez, las más alejadas, manifiestan un comportamiento positivo en términos globales. Por otro lado, cada punto, nos indica cómo se encuentra esa variable por provincia.

Cuadro N°157. Riego Integral nuevas áreas existentes. Resultados por variable



• Riego Complementario

En general, las provincias presentan una valoración positiva, destacándose en los extremos Buenos Aires (muy Positivo) y Santa Fe y Formosa (Negativo).

Cuadro N°158. Riego Complementario. Resultados globales.



Las provincias de Formosa y Santa Fe en primer lugar, seguidas por Santa Cruz, Corrientes y Entre Ríos, son las que tienen menor performance, en cuanto al conjunto de variables consideradas.

No obstante el denominador común a nivel de problemática, lo representa la deficiencia en cuanto a Sistemas de Información, agudizándose en Entre Ríos, Formosa y Chaco, donde se prevé el abastecimiento del sistema por fuentes subterráneas, aún cuando el conocimiento sobre los acuíferos productivos es deficiente.

Las provincias mejor posicionadas, en cuanto a información sobre acuíferos productivos, son Córdoba y Santa Fe.

Otra dimensión que condiciona el desempeño negativo en esta variable, es el nivel de actualización del catastro rural. En este sentido, Córdoba y Santa Fe están mejor posicionadas que las demás provincias.

Por otra parte, Buenos Aires, Santa Cruz, Chaco y Santa Fe, registran puntajes positivos en relación a la dimensión “Características de los sistemas de información”, dado que combinan sistemas de Telemedición con sistemas de Información Geográfica.

Cuadro Nº159. Riego complementario. Resultados por variable según provincias.

RIEGO COMPLEMENTARIO								
Resultados Agregados según Variables								
Provincia	Buenos Aires	Santa Cruz	Corrientes	Córdoba	Entre Ríos	Formosa	Chaco	Santa Fe
Normativa	●	●	●	●	●	●	●	●
Esquema de Gestión Institucional del Agua	●	●	●	●	●	●	●	●
Perspectiva de Tecnificación del Riego	●	●	●	●	●	●	●	●
Esquema de Financiamiento	●	●	●	●	●	●	●	●
Sistemas de Información sobre el recurso hídrico	●	●	●	●	●	●	●	●
Valoración del agua	●	●	●	●	●	●	●	●
Pago canon de riego	●	●	●	●	●	●	●	●
Participación organizada de los usuarios	●	●	●	●	●	●	●	●
Régimen de propiedad y tenencia de la tierra	●	●	●	●	●	●	●	●
Régimen de energía eléctrica provincial	●	●	●	●	●	●	●	●
Permisos y Concesiones de Aguas	●	●	●	●	●	●	●	●

El acceso al Financiamiento para inversiones intra finca en sistemas complementarios, potencia el desarrollo del cultivo y mejora la eficiencia del riego. Las provincias mejor posicionadas en esta variable son Buenos Aires, Chaco, Formosa y Santa Fe. La tendencia en materia de instrumentos financieros, implementados a nivel provincial, pone de relieve: los Fondos Fiduciarios, las líneas de tarjetas AGRO de los bancos provinciales y la existencia de Fondos de Financiamiento de la Actividad Productiva, llevados a cabo por los Gobiernos provinciales. Las provincias que muestran una situación más negativa en este aspecto, son Entre Ríos y Santa Cruz.

La perspectiva de incorporación de Tecnología, es negativa en las provincias de Formosa, Santa Cruz, Entre Ríos, Chaco y Corrientes. En cambio las provincias de Bs As, Córdoba y Santa Fe, muestran un desempeño positivo. La incorporación de tecnología para este tipo de zonas y cultivos, tiene un efecto multiplicador que debe ser considerado, dado que pequeños incentivos para la inversión se traducirían en beneficios palpables a corto plazo.

En el Régimen de Energía Eléctrica Provincial, todas las provincias (excepto Formosa) tienen un buen esquema, regulado con sistemas de control adecuados. La valoración positiva responde mayoritariamente a la existencia de empresas de distribución de energía eléctrica, de las cuales el Estado es propietario; o bien, mantiene participación accionaria, junto con la existencia de cooperativas eléctricas, especialmente en zonas rurales. Otro aspecto positivo es que en todas las provincias de esta muestra, existen tarifas diferenciales rural o de riego.

Todas las provincias prevén el pago del canon de riego. Sin embargo, a excepción de Buenos Aires y Córdoba, en la mayoría no se cobra el canon de riego, o bien tienen un nivel de cobro bajo (menos de 30%).

Respecto a la participación organizada de los usuarios, si bien predominan los sistemas colectivos y la criticidad de esta variable en sistemas complementarios es baja, se vuelve necesaria la descentralización de la gestión a cargo de los usuarios. La experiencia de

provincias como Córdoba, con los Consorcios de Aguas Subterráneas cuyo fin es la administración y control de los volúmenes utilizados por cada usuario, la detección de nuevas obras, entre otras, resultan una alternativa viable ante la capacidad de regulación residual que tienen los organismos públicos, con respecto al agua subterránea.

La Normativa, en términos generales, en todas las provincias presentan aspectos positivos, sobrerregulación de usos especiales de las aguas; y lo mismo sucede con el Esquema de Gestión Institucional del agua de riego. Sin embargo, esto necesariamente se vincula con la capacidad concreta de aplicación de la norma, por parte de las autoridades de riego.

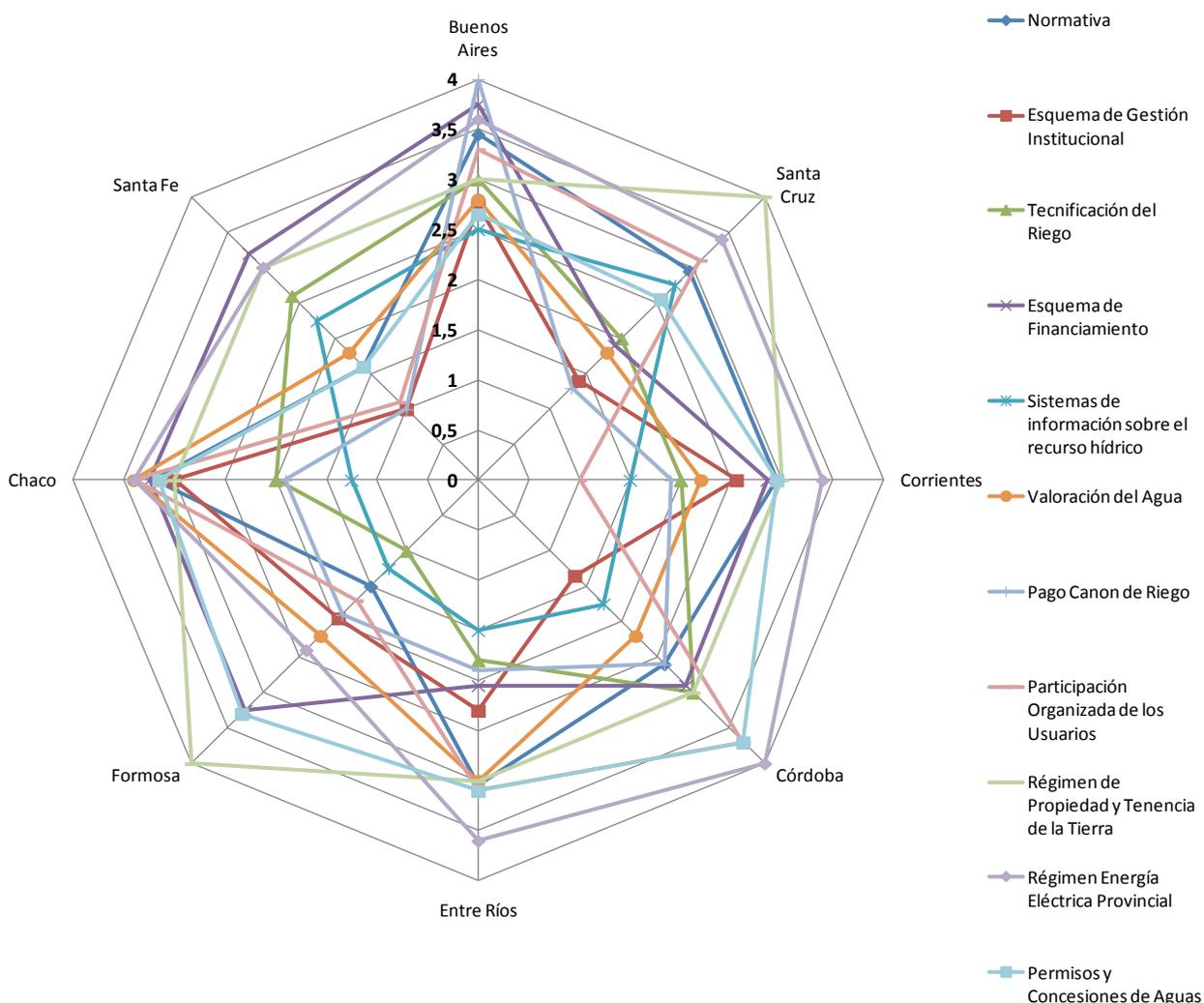
El régimen de Permisos y Concesiones de aguas para este grupo de provincias.

- El sistema de permisos y concesiones para el uso agrícola, tanto para fuente superficial como subterránea, se encuentra regulado, variando las características en cuanto las dimensiones consideradas. No obstante, el análisis adquiere mayor relevancia, cuando se hace en función del régimen predominante de Propiedad y/o tenencia de la tierra. En provincias como Santa Cruz, Chaco, Entre Ríos, Formosa y Corrientes, el 70% o más de las EAPs se encuentran bajo el régimen de propiedad, previendo en las concesiones para riego las figuras del propietario, adjudicatarios con títulos provisorios de tierras fiscales, arrendatarios con contrato escrito, usufructuarios, locatarios o tenedores legítimos de cualquier título.

- En provincias como Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, el régimen de propiedad de las EAPs se encuentra entre el 50% y el 60%, previendo para la entrega de permisos y concesiones la figura de propietario o adjudicatario, con título provisorio de tierras fiscales -caso de la provincia de Córdoba-; en la provincia de Buenos Aires, no se hace referencia explícita a la condición de titular del predio, para el otorgamiento de permisos y concesiones; y en Santa Fe, en su proyecto de Código de Aguas no se encuentra prevista la condición jurídica del predio. Es más flexible el sistema, en las provincias con alto porcentaje de EAPs en condición de propiedad.
- El esquema de otorgamiento, en cuanto a la tramitación, es bueno; excepto en provincias como Entre Ríos y Santa Cruz, donde los permisos y concesiones se otorgan a través de Consejos de difícil composición y funcionamiento efectivo. El caso más paradigmático, lo representa Entre Ríos, con el Consejo Regulador de las Fuentes de Agua (CORUFA).

En la gráfica siguiente puede observarse el comportamiento de las once variables evaluadas, dentro del conjunto de provincias consideradas.

Cuadro Nº160. Riego complementario. Resultados por variable según provincias



• B • Aspectos Sociales

Para la recopilación y análisis de los aspectos sociales en cada una de las tipologías de áreas analizadas se han tenido en cuenta distintas consideraciones. En las áreas existentes se hizo un relevamiento del número y tipología de regantes y una evaluación de los beneficios económicos de dichos regantes, en las nuevas áreas se ponderaron los factores sociales para definir las prioridades estratégicas de expansión del riego, en el riego complementario se recopiló y mapeo distintas variables sociales tales como distribución y renta de la población rural, presencia de grupos indígenas, presencia de organización de usuarios, participación en planificación y gestión, situación de tenencia de tierras, ordenamiento territorial, y conflictos históricos por agua, entre otros.

Los aspectos que se refieren específicamente a la forma y modo de organizar el uso de las aguas, y propiamente la gestión de los recursos hídricos, se han analizado teniendo en consideración que cada provincia se regula de forma autónoma, ver detalle por provincia Apéndice 7 Anexo 7. En este análisis se ha tenido en cuenta, el desarrollo del principio jurídico de participación de los usuarios, su implementación y la generación de instrumentos asociativos de acuerdo a la realidad y evolución en cada una de las provincias.

• C • Aspectos Medio Ambientales

En el marco de la evaluación de las posibilidades de ampliación del riego, se han considerado distintos aspectos ambientales que se han desarrollado a lo largo de los capítulos anteriores, tales como: impactos de cambio climático, evaluación de suelos degradados por salinidad y sodicidad, mapas de áreas protegidas, mapas de suelos, mapas de ecoregiones, preservación de caudales ecológicos, entre otros.

Con el objetivo específico de la incorporación de los aspectos ambientales en el marco de la evaluación de las posibilidades de ampliación del riego complementario, se han tenido en consideración los siguientes puntos: (1) análisis de algunas consideraciones sobre el impacto en el suelo, de los efectos ambientales del Riego y del Cambio Climático y de los originados en el uso de presas, (2) caracterización ambiental de la región propuesta para ampliar el potencial de riego con Riego Complementario y (3) propuesta de una metodología de indicadores para analizar los efectos medio ambientales de implementación del Riego Complementario.

Con el objeto de elaborar una metodología que permita priorizar, agrupar y/o identificar proyectos que desde el punto de vista ambiental puedan ser llevados a cabo en el marco de un programa de ampliación de áreas de riego, se han identificado los potenciales impactos que las obras de riego complementario podrían causar. Para ello se han identificado distintas variables a considerar en función de la fuente como por ejemplo, consumo de agua, contaminación de la fuente, características de drenaje, hábitats naturales, manejo de cuencas.

• D • Herramienta Multicriterio

La unificación conceptual de todas las capas de información generadas (disponibilidad hídrica, características edafológicas, económicas, institucionales y legales, etc.), se desarrolla con la colaboración del Grupo TRAGSA (España), mediante una Herramienta Multicriterio que permite realizar evaluaciones donde son consideradas las variables y escenarios obtenidos, estableciendo criterios e indicadores técnicos, económicos, sociales y ambientales de priorización de áreas.

El objetivo final de dicha herramienta, es que permita a los tomadores de decisiones identificar acciones para ampliar el riego en Argentina, considerando inversiones, estrategias, políticas y mecanismos posibles para su implementación; es decir, garantizar una estrategia de desarrollo sostenible, preservando los recursos naturales (mejora del medio ambiente y del entorno rural, mediante la gestión de tierras).

El esquema conceptual propuesto para el análisis multidimensional, se observa a continuación.

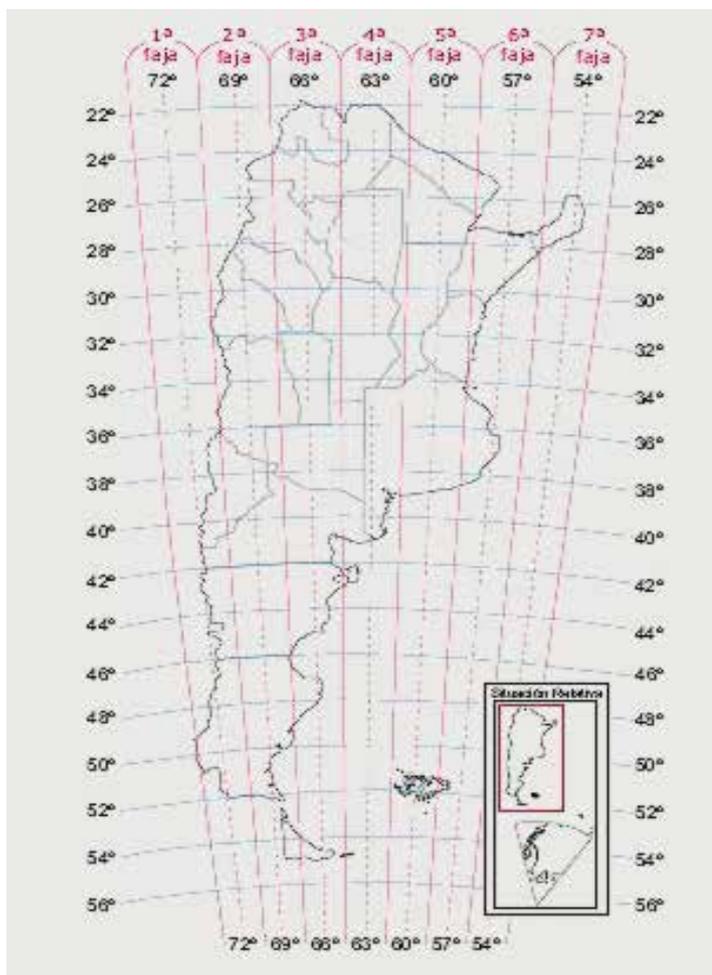
Cuadro Nº161. Esquema Herramienta Multicriterio.



Fuente: Tragsatec

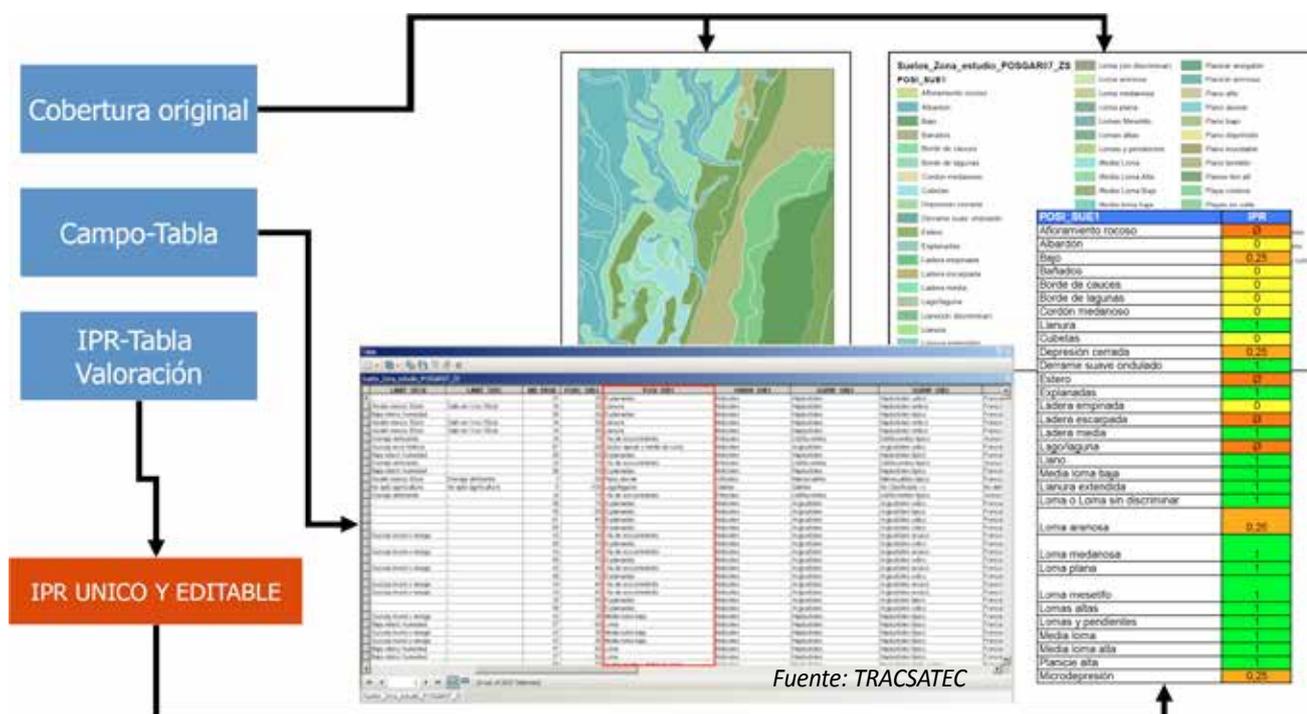
Esta herramienta informática, consiste en un sistema de coordenadas adoptado para todas las capas de información: su proyección divide a Argentina en 7 fajas meridianas de Oeste a Este. Para clasificar y unificar la información vectorial (referenciada gráficamente), se han organizado las bases de datos por la faja meridiana central que mejor la representa.

Cuadro N°162. Fajas meridianas según sistema de proyección que divide a Argentina



Las representaciones cartográficas de la información base de esta herramienta, fue discutida y acordada conjuntamente entre FAO y Tragsatec, resultando la clasificación de un indicador de priorización (IPR) que homogeneiza la información en valores de 0 a 1 (ver Anexo 6).

Cuadro N°163. Esquema de obtención de IPR

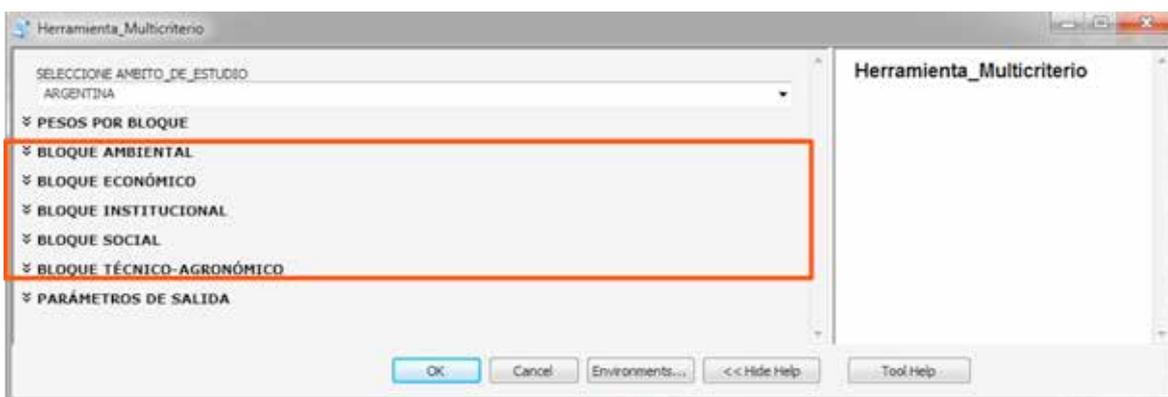


La Herramienta Multicriterio, proporciona acceso a datos con información raster, dentro del ámbito de estudio seleccionado. Esta opción realiza un “filtro” de enlaces raster con información valorada del ámbito seleccionado.

En cuanto a los bloques temáticos y capas seleccionables, se estructura en 5 bloques (ambiental, social, económico, institucional, técnico agronómico) que son ponderados según criterios asignados por los tomadores de decisiones. Cada bloque contiene la información en formato GIS (la información a su vez puede ser seccionada y ponderada según los criterios asignados).

La Herramienta es un instrumento activo que permite la modificación de la información actual y/o la incorporación de más capas de información.

Cuadro N°164. Bloques Herramienta Multicriterio



Fuente: TRACSATEC

Una vez seleccionada y ponderada la información que se quiere evaluar, la herramienta calcula cuales son las superficies sin limitaciones para desarrollar riego complementario. A continuación se muestra un ejemplo de la salida de resultados, detallándose cuales son las capas utilizadas y un mapa con las áreas identificadas.

Ver en Anexo 6 una guía detallada del funcionamiento de la misma.

Cuadro N°165. Ejemplo de Resultado de ejecución de la Herramienta Multicriterio.

RESULTADO_prueba1 Tamaño de Celda 500			
BLOQUE	PESO	CAPAS PARTICIPANTES	PESO
IPB_LIMITACIÓN TERRENO_QUÍMICAS			
ECONÓMICO	0,3	IPB_RC_Operacion_y_Mantenimiento_Optima_Superficial	1
INSTITUCIONAL	0,1	IPB_RC_Normativa	1
SOCIAL	0,1	IPB_RC_VARIACIÓN_INTERCENSAL_2001-2010	1
TÉCNICO_AGRONÓMICO	0,2	IPV_RESTRICCIONES_TERRENO_LOCALIZADO	1

Cuadro Nº166. Muestra de áreas identificadas



En el caso de Áreas Existentes y Nuevas Áreas, la herramienta incorpora en los mapas la localización de los diferentes distemas asociando la base de datos recopilada, así como los análisis y resultados obtenidos.

Cuadro Nº167. Mapa de Áreas Existentes de la Herramienta Multicriterio

Fuente: TRAGSATEC



Fuente: FAO

Capítulo VII

RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para las tres tipologías de áreas analizadas, es decir: (i) ampliación de áreas existentes, (ii) nuevas áreas de riego complementario y (iii) nuevas áreas de riego integral.

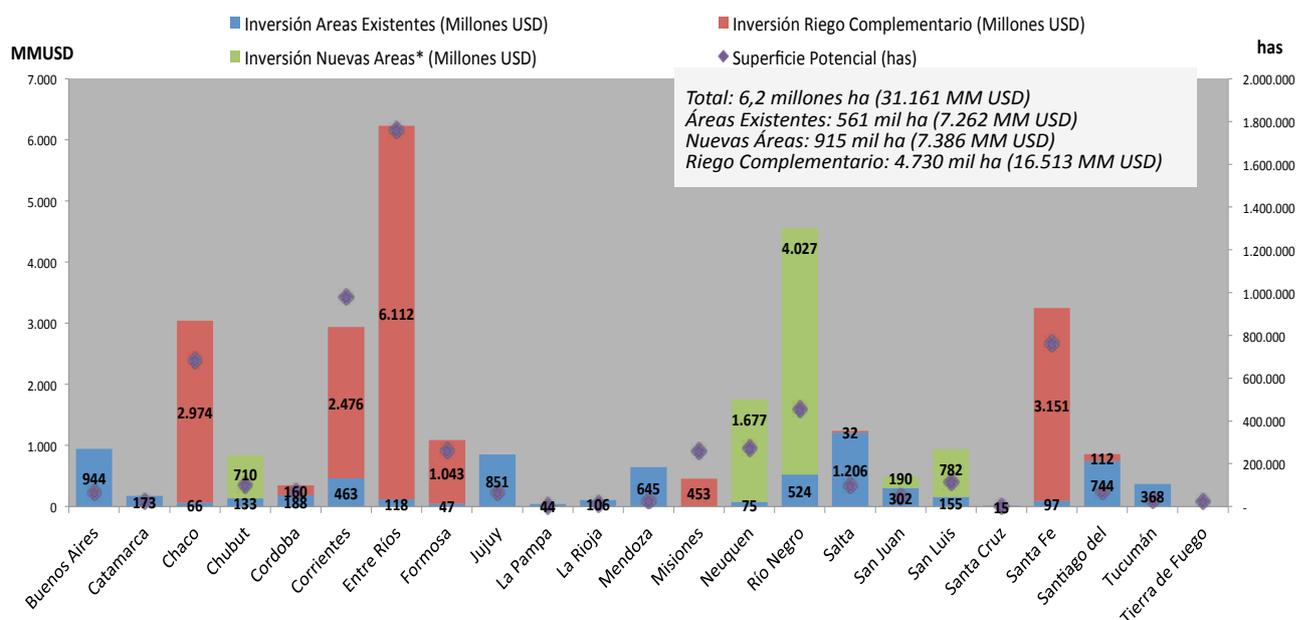
Cabe destacar que dichos resultados fueron obtenidos a partir de ciertas consideraciones y criterios discutidos y validados durante la preparación del estudio. Cabe destacar que dichos análisis y resultados pueden ser modificados por los tomadores de decisión mediante la consideración de diferentes criterios, supuestos y/o prioridades, que permitirán definir nuevos resultados o escenarios de inversión a través de las herramientas analíticas preparadas para tal fin.

• A• Superficie Potencial a Ampliar

De los análisis realizados, se advierte que la superficie potencial a ampliar en Argentina, es del orden de 6,2 millones de ha. Esta cifra comprende las tres tipologías analizadas (áreas existentes, nuevas áreas y riego complementario).

En el caso específico de áreas existentes, se ha considerado el escenario más conservador, que muestra una garantía adecuada de satisfacción de la demanda, inclusive ante eventos de escases

Cuadro Nº 168 Potencial del Riego en Argentina



VBP Actual: 5.880 MM USD

Incremento de VBP con mejora en Áreas Existentes: 3.960 MM USD

Incremento de VBP en Nuevas Áreas: 5.490 MM USD

Incremento de VBP en Riego Complementario: 11.570 MM USD

VBP Potencial: 26.900 MM USD

Los números desglosados con cambio climático, por superficie provincial y total, tanto parciales como generales, se observan en la siguiente Tabla. Cabe destacar que las áreas de riego complementario, surgen de la superposición de la superficie a regar con aguas subterráneas y superficiales, y no de su suma directa.

Cuadro N°169. Superficie Potencial a Ampliar (ha)

	Área Existente Cultivada Actual	Superficie a ampliar en áreas	Superficie a ampliar con Riego Complementario			Superficie a ampliar Nuevas Áreas	Potencial Total ampliación (ha)	Crecimiento de superficie a cultivar
			Fuente Superficial (has)	Acuíferos (ha)	Total (ha)			
Buenos Aires	374.246	66.774					66.774	18%
Catamarca	70.566	24.648					24.648	35%
Chaco	22.980	5.063	390.000	300.000	680.000		685.063	2981%
Chubut	21.420	10.750				90.700	101.450	474%
Córdoba	182.652	20.268		50.000	50.000		70.268	38%
Corrientes	112.097	30.463	940.000	480.000	950.000		980.463	875%
Entre Ríos	115.303	12.174	1.750.000		1.750.000		1.762.174	1528%
Formosa	11.300	2.871	260.000		260.000		262.871	2326%
Jujuy	133.135	66.846					66.846	50%
La Pampa	6.818	3.296					3.296	48%
La Rioja	47.073	12.580					12.580	27%
Mendoza	268.344	28.532					28.532	11%
Misiones		-	260.000		260.000		260.000	
Neuquén	16.160	4.504				269.007	273.511	1692%
Río Negro	94.701	25.780				431.588	457.368	483%
Salta	191.867	88.461	10.000		10.000		98.461	51%
San Juan	102.702	26.186				20.680	46.866	46%
San Luis	69.655	11.871				103.123	114.994	165%
Santa Cruz	2.735	1.746					1.746	64%
Santa Fe	62.503	13.806	630.000	380.000	750.000		763.806	1222%
Santiago del Estero	101.891	50.460	20.000		20.000		70.460	69%
Tucumán	88.733	29.338					29.338	33%
Tierra de Fuego		25.000					25.000	
Total	2.096.882	561.416	4.260.000	1.210.000	4.730.000	915.098	6.206.514	296%

Los valores anteriores, surgen del análisis de todas las variables. Sin embargo, existen circunstancias a nivel local que requieren de estudios con mayor detalle.

• B • Inversiones Viables

De las evaluaciones económicas realizadas en las tres tipologías, se obtuvieron las siguientes inversiones generales por provincia para las hectáreas expandidas, lo que da un total de 29.799 MM de USD para un total de 6.2 Millones de hectareas, arrojando un valor medio de expansión de 4800 USD/ha.

Cuadro N°170. Inversiones necesarias para ampliar la superficie bajo riego

	Áreas Existentes Inversión Total (Millones USD)	Nuevas Áreas Inversión Total (Millones USD)	Riego Complementario Inversión Total (Millones USD)*	Total Inversión Total (Millones USD)
BBuenos Aires	944			944
Catamarca	173			173
Chaco	66	2.974		3.040
Chubut	133		710	843
Cordoba	188	160		348
Corrientes	463	2.476		2.938
Entre Ríos	118	6.112		6.230
Formosa	47	1.043		1.089
Jujuy	851			851
La Pampa	44			44
La Rioja	106			106
Mendoza	645			645
Misiones		453		453
Neuquen	75		1.677	1.752
Río Negro	524		4.027	4.551
Salta	1.206	32		1.238
San Juan	302		190	492
San Luis	155		782	937
Santa Cruz	15			15
Santa Fe	97	3.151		3.248
Santiago del Estero	744	112		856
Tucumán	368			368
Tierra de Fuego				-
Total	7.262	16.513	7.386	31.161

(*) Considerando la inversión total usada para realizar la evaluación económica

A continuación se resume una serie de propuestas y recomendaciones que deben considerarse, para viabilizar y favorecer la implementación de acciones orientadas a ampliar la agricultura irrigada en Argentina.

Dichas propuestas son agrupadas por sus características en tres grandes dimensiones: (I) Institucional y Legal, (II) Económicas Financieras, y (III) Técnicas Productivas.

· I · Institucional Legal

- Destacar el valor de la **planificación** como un tema estratégico en el ámbito de los **recursos hídricos** en general y en especial en relación al riego y su infraestructura.

- Fomentar la **vinculación interinstitucional y su coordinación** para la participación en la toma de decisiones de los diferentes actores involucrados: municipalidades, empresas proveedoras de servicios, agencias sanitarias, asociaciones de consumidores, productores agrícolas, laboratorios, etc.

- Generar y/o fortalecer espacios a nivel provincial, tales como los comités o consejos de cuencas, para la **discusión y tomas de decisiones en materia de gestión del recurso** y de asignación a distintos usos. Dichos ámbitos deberían ser un espacio propicio para la coordinación de acciones y para la toma de decisiones relacionadas con la planificación.

- Establecer **marcos normativos** claros que permitan generar incentivos para el uso eficiente del agua, adaptables a una gestión dinámica de los recursos hídricos ante distintos escenarios, de forma tal que se asegure la disponibilidad a diversos usuarios.

- Mejorar las capacidades de **gestión y de aplicación de la normativa** de los organismos y/o instituciones de riego.

- Impulsar el desarrollo de marcos normativos de **organizaciones de usuarios** financieramente sanas, sostenibles y administrativamente autónomas.

- Impulsar espacios para la reflexión sobre la **dicotomía competencial Planificadora del órgano de Cuenca y Legal y Jurisdiccional de las Provincias**. El cómo se puedan aunar y compatibilizar ambas competencias, puede ser clave del desarrollo hídrico futuro de nuevas áreas.

- Generar instancias para el debate sobre las ventajas y oportunidades de una Legislación Estatal (Nacional) que fije las Normas Básicas a las que “todas” las legislaciones hídricas provinciales se adapten, con las matizaciones específicas que aconsejen las particularidades de cada región. Casos de este tipo de armonización institucional se han cimentado sobre cuatro “pilares” básicos: (i) legislación de aguas, (ii) planificación hidrológica, (iii) ordenamiento territorial y (iv) legislación medioambiental.

Para ello sería conveniente la conformación de equipos de trabajo (técnicos y legisladores) que analicen y evalúen las posibles armonizaciones entre las dispersas legislaciones provinciales en los cuatro “pilares” básicos indicados,

con el objetivo de identificar ajustes o modificaciones que permitan confeccionar legislaciones homogéneas, al menos por Cuencas Hidrográficas.

Esto exige en primer lugar una concienciación generalizada y pública de la importancia vital para Argentina de administrar y preservar el “medio hídrico” con un consenso político que supere los ámbitos provinciales y regionales.

- Avanzar en **políticas públicas** que faciliten el arraigo de los trabajadores y actores de la agricultura y la ganadería en los lugares de explotación, mediante la generación de la infraestructura y servicios necesarios.

- Fortalecer mecanismos normativos y de gestión de las aguas subterráneas, contemplando la importancia de fomentar la creación de organizaciones de usuarios, como **Consortios de Aguas Subterráneas**; y garantizar su preservación para evitar la degradación de los acuíferos.

- Difundir y fomentar la aplicación de la **legislación de reúso de las aguas residuales**, tanto en lo referente a la obligatoriedad de depuración de las aguas residuales, como a las exigencias “sanitarias” y “medioambientales” respecto a su uso para los distintos tipos de cultivos posibles.

- Enriquecer los componentes de **fortalecimiento institucional** en los proyectos PROSAP, previendo y profundizando entre otros aspectos, los procesos de transferencia de responsabilidad a las organizaciones de usuarios, desde lo legal, institucional y normativo.

- Despertar **conciencia respecto de los temas hídricos a nivel político y público** en general, mediante la introducción masiva de la importancia del agua y de su uso sustentable, a través de los medios de comunicación y de la educación básica. De esta forma enfatizar la difusión del tema hídrico y su relación estratégica con el riego.

- Fomentar programas de **titulación y regularización de tierras**, priorizándose estas acciones en provincias con riego integral, donde los requisitos para el otorgamiento de concesiones pueden considerarse rígidos, y se registran altos niveles de EAPs en condiciones de ocupación, arrendamiento.

- Promover el diseño de **registros y sistemas de información**, como así también sus procesos y métodos de gestión, previendo la retroalimentación constante; con inversión en sistemas transaccionales y procedimientos de actualización.

- Elaborar propuestas de “protocolos” (Guías) de la información básica imprescindible, para la identificación y **evaluación medioambiental** de cada área de actuación, lo cual precisa compendiar y armonizar criterios y/o las normativas de cada Provincia.
- Difundir los contenidos de este “**Estudio del potencial de Ampliación del Riego en Argentina**”, mediante herramientas digitales capaces de nivelar el conocimiento a nivel nacional.
- A través del PROSAP / MAGAP, **adoptar y difundir** el uso de la **herramienta multicriterio y del conjunto de información generada** y compilada en el estudio, de forma que pueda ser utilizada como una herramienta dinámica y actualizable para la definición de estrategias y mecanismos de inversión en riego por parte de las instituciones nacionales, provinciales y sector privado.
- Realizar **intercambios de experiencias con otros países**, para obtener no sólo un enriquecimiento, sino para desarrollar comparativas de propuestas más amplias.

· II · Económicas Financieras

- Generar **instrumentos financieros innovadores** que permitan apalancar los proyectos públicos y privados de modo tal que favorezcan sosteniblemente la implementación de proyectos de mejora del riego y el drenaje y la incorporación de tecnología más eficientes y que favorezcan la rentabilidad de los proyectos.
- Implementar mecanismos financieros que fomenten diversas **inversiones de los consorcios de riego**, relacionadas tanto con su fortalecimiento institucional, como en la rehabilitación y modernización de sus sistemas.
- Desarrollar mecanismos que puedan fomentar el uso o el **emprendimiento de inversiones conjuntas**, en aquellos casos donde se observan economías de escala potenciales o externalidades significativas en el uso de los recursos hídricos. Evaluar desde el punto de vista institucional o de la política pública, los esquemas asociativos más adecuados y ponerlos a disposición de los sectores agrícolas y ganaderos.
- Fomentar la creación de mecanismos institucionales y formales que permitan a los agricultores y ganaderos el **acceso al crédito o al financiamiento** en condiciones competitivas. Esto puede incluir la constitución de sociedades de garantía recíproca, instituciones financieras estatales por fuera de la Ley de Entidades Financieras, (como es el caso de la experiencia de Mendoza con el Fondo para la Transformación y Crecimiento).
- Fortalecer **mecanismos de articulación público-privado**, con solidez jurídica, priorizando factores que favorezcan la sustentabilidad, económico, ambiental y social.

- Generar propuesta de **mecanismos fiscales de incentivo** a iniciativas y **propuestas específicas de inversión** pública y privada (desgravaciones impositivas, reintegros, rebaja de retenciones, etc.)

- Promover **Fondos de Financiamiento de la Actividad productiva/Fideicomisos**, encarados por diversas provincias con el objeto de financiar inversiones en las explotaciones productivas, al igual que el diseño e implementación de programas tendientes a incentivar el mejor uso del recurso.
- Impulsar la adopción de **esquemas impositivos** que apoyen mejoras de los Indicadores de Desempeño de la producción (por ejemplo, descuentos impositivos por inversiones tecnológicas que promueven la eficiencia en el uso del recurso).
- Analizar ajustes o mitigación de los **costos impositivos** que afectan a los complejos agrícolas y ganaderos, especialmente los que están relacionados con cadenas que quieran beneficiarse relacionadas con mercados externos. Esta acción debe involucrar a todos los niveles de gobierno: nacional, provincial y municipal. Dicho de otra manera, mitigar los costos impositivos, mediante una re estructuración de las cargas arancelarias.
- Evaluar las **limitaciones de cupos** de algunos de los modelos productivos que podrían incrementar su producción importantemente con la incorporación de riego (ej. Trigo, Maíz).
- Diseñar **esquemas tarifarios eléctricos** especiales/diferenciales para riego, en las provincias que aún no cuentan con ellas.
- Evaluar **mecanismos tarifarios para efluentes**, con la aplicación del criterio de quien contamina paga, para inducir la reducción del flagelo de la contaminación en el agua. En este sentido fomentar la generación de mecanismos o acuerdos público – privados para el tratamiento y reutilización de los efluentes con fines productivos.
- Desarrollar e implementar incentivos económicos, para la conservación de cuencas hidrográficas, a través de esquemas de **pago por servicios ambientales**.
- Instrumentar **políticas de capacitación y formación de los recursos humanos** que fomenten las buenas prácticas agrícolas y ganaderas, de una manera que lleve a una optimización de los costos de producción. Para ello se deberán identificar fondos para componentes blandos de capacitación y orientación que permita aumentar la eficiencia de la producción, el uso de los recursos hídricos, la utilización de agroquímicos, etc.
- Promover la negociación de tratados de comercio que permitan el **acceso a nuevos mercados** de los productos agrícolas y ganaderos en condiciones competitivas con otros países que ya gozan de dichos acuerdos y son competidores en el mercado internacional con los productos de nuestro país.
- Revalorizar la **importancia de la agricultura irrigada en la economía nacional**, para abordar los problemas de escasez de agua y deterioro ambiental.

· III · Técnicas productivas

- Fomentar preparación de **Planes de Cuenca**, sobre todo en aquellas que afectan a varias Provincias, siendo estos condicionantes en la definición y cuantificación de los recursos disponibles y su asignación a los distintos usos. Una vez asignados los recursos hídricos en cada Cuenca, es cada Provincia el ente que a través de los correspondientes **Planes Directores** debe desarrollar las actuaciones en materia de riego.

- Generar instancias que garanticen la **participación de los actores multisectoriales** involucrados con el uso, protección y asignación del agua en los distintos ámbitos, mecanismos de transparencia en la asignación de agua en los diferentes ámbitos.

- Definir programas que permitan la realización de **estudios de los recursos hídricos**, en aspectos relacionados con la cantidad y la calidad, resaltando el enfoque particular en recursos subterráneos.

- Crear una **red integrada por sistemas regionales de información geohidrológica**, para favorecer el intercambio de experiencias y conocimientos sobre el aprovechamiento sustentable del recurso.

- Disminuir consumos por aumento de eficiencia global, sobre todo en provincias con alto grado de compromiso de su recurso hídrico, para estar mejor preparados ante **efectos del cambio climático**.

- Incentivar el mejoramiento de los **Indicadores de Desempeño** en el uso del riego, tanto por fuentes superficiales como subterráneas, particularmente en sistemas afectados por la **salinidad**.

- Promover proyectos sostenibles a largo plazo de **reúso de aguas residuales en riego**.

- **Rehabilitar y/o mejorar los sistemas de drenaje**, con medidas que reduzcan el exceso de riego y mejoren la eficiencia en el uso del agua, sobre todo a nivel parcelar.

Promover la **recuperación de las tierras** afectadas por problemas de **salinidad**.

- Difundir e implementar estrategias, mecanismos y herramientas orientadas a la **medición y control de los caudales** distribuidos y entregados, ya que es el dato esencial para generar incentivos a la eficiencia y transparencia en los mecanismos de asignación.

- Profundizar la **consideración de los efectos del cambio climático** en la justificación y gestión posterior de proyectos, debido al constante aumento de la frecuencia de los fenómenos climáticos externos (sequía, inundaciones, etc.), con incidencia negativa en la producción de alimentos.

- Diseñar **sistemas de información de fácil acceso para los productores sobre el cambio climático** y las consecuencias que esto tiene sobre el uso de los recursos hídricos en el corto, mediano y largo plazo; y la difusión de una manera práctica, sencilla y de fácil comprensión sobre las

consecuencias concretas que esto tiene sobre las actividades (costos, disponibilidad del recurso, riesgos sanitarios y/o plagas, etc.).

- Fomentar la implementación de **mecanismos de información, comunicación y capacitación**, con el propósito de: construir capacidades, crear nuevas redes de colaboración, explotar complementariedades y estimular la participación y la iniciativa social.

- Aplicar **metodologías de apoyo** como la Herramienta Multicriterio, en la **toma de decisiones** en sistemas hídricos, cuencas o planes nacionales de riego, caracterizados por un uso multisectorial de los recursos hídricos, y por la alta complejidad del tema. Esto permitirá la evaluación de atributos de las distintas estrategias, políticas de inversión y acciones de desarrollo, facilitando las instancias de coordinación institucional y la toma de decisiones acertadas.

Capítulo IX

CONCLUSIONES

La superficie en producción bajo riego, alcanza 2,1 millones de ha, lo que corresponde a un 5% del total de la superficie cultivada. El 65% de esta superficie, se riega a partir de fuentes superficiales y el resto con agua subterránea, siendo el número total de regantes alrededor de 145.000.

Existe en general información dispersa, incompleta y deficiente sobre los recursos hídricos, en particular respecto de las aguas subterráneas, por la falta de captura sistematizada y ordenada de datos relacionados, lo cual dificulta la preparación objetiva de nuevos proyectos para el desarrollo del sector.

En base a la disponibilidad del recurso hídrico y suelos aptos, es factible alcanzar una importante ampliación potencial del riego, de manera sustentable, con un importante impacto económico y social, a través de determinadas inversiones en los sistemas de riego, considerando los distintos efectos del cambio climático (incremento de las necesidades de riego de los cultivos y eventos de escases de las fuentes hídricas);

Para avanzar en ese análisis, a través del estudio se ha logrado un inventario consolidado de las áreas de riego existentes y de nuevas áreas de riego, generadas tanto a partir de la ampliación del riego existente (por la mejora de los Indicadores de Desempeño), como de nuevas áreas de riego complementario y de riego integral, allí donde existen condiciones adecuadas de disponibilidad hídrica y agroecológicas favorables.

Con respecto al análisis de ampliaciones en **áreas existentes**:

- las pérdidas por Cambio Climático, si no se realizan inversiones en los sistemas de riego actuales, ascenderían la producción a 325 mil hectáreas (equivalentes al 15% de la superficie bajo riego);
- los resultados obtenidos, permiten estimar que es factible alcanzar una ampliación potencial de entre **560 y 800 mil hectáreas**, a través de mejoras en los Indicadores de Desempeño (eficiencias), mediante inversiones en los sistemas colectivos y a nivel de parcela, considerando los efectos del cambio climático;
- se determinó una inversión ponderada media del país de 2.600 USD/ha empadronada y de 4.055 USD / ha cultivada por captación y distribución y 1.260 USD / ha por mejoras en parcela;
- acumulando las inversiones en sistemas colectivos e inversiones intrafinca, se estimó el total en cada provincia de **7.262 Millones USD** (72% de inversión promedio, en infraestructura común, y 28% en parcela);
- el promedio de inversiones, en hectárea expandida por provincia, se estima en **13.540 USD / ha** expandida;
- con las inversiones proyectadas en infraestructura de riego, se espera conseguir una **eficiencia global del orden de 57%**;
- otro beneficio asociado a las mejoras de los sistemas, es el **aumento en producción** que se prevé del orden de **35%**.

En cuanto a la **ampliación de nuevas áreas** de riego integral, en tierras no cultivadas:

- la misma se evaluó a partir de la disponibilidad hídrica de las cuencas, resultando un potencial de **915.000 ha**, de acuerdo a su rentabilidad económica;
- se identificaron 119 nuevas áreas;
- la inversión total viable requerida es del orden de **7.386 Millones de USD** (abarca la infraestructura necesaria en finca, tanto como obras mayores requeridas);

En relación a ampliaciones a través de Nuevas Áreas de **riego complementario**:

- del potencial de uso de aguas residuales, se destaca que sólo el 35% se tratan, mientras el resto es vertida a ríos y mares. Lo anterior demuestra un interesante potencial de utilización de dicha fuente, a través de modelos de inversiones y financieros con acuerdo de sectores públicos y privados que garanticen la sustentabilidad de los modelos.
- el riego genera menor variabilidad de la producción (< 20% vs < 90%);
- las necesidades netas máximas (L/s ha), en cada estación meteorológica, sin y con cambio climático, se prevé que se tendrá un incremento del orden de 8% (+34%;-17%);
- en la zona Centro Norte del país, existe un potencial de ampliación de **4.730.000 hectáreas bajo riego complementario**, tanto a través de recursos disponibles superficiales como subterráneas;
- para dicha ampliación es necesaria una inversión del orden de **16.513 millones de USD**.

La diversa realidad actual del riego (ya sea integral, complementario, etc.), requiere de un diseño también diverso del estatuto de los derechos (condiciones de caducidad, preservación de la calidad, carácter real, etc.).

Los derechos asociados al riego complementario, deberían contemplar con énfasis el tema de la regulación de la calidad (contaminación difusa, uso de fertilizantes, utilización de vertidos, prevención, etc.).

Deben pensarse los derechos de aguas en el marco de una política energética y considerarse su asignación, control y monitoreo en el marco de escenarios de cambio climático.

La exigencia de uso efectivo, debería adaptarse a los sistemas complementarios y compatibilizarlos con requisitos de eficiencia.

Se advirtió debilidad en diversos aspectos relacionados con la regulación normativa actual de los Organismos de Usuarios, particularmente ante la consagración expresa del derecho a la participación, del que se desprende la necesidad de fortalecer dicha herramienta y prever en la legislación instrumentos específicos que la contemplen.

Debe indagarse sobre la posibilidad de que los Organismos de Usuarios, en su diseño actual, permitan afrontar las actuales tendencias del Cambio Climático global ante nuevos escenarios conflictuales y ante la inserción de la gestión hídrica dentro del paradigma ambiental. El desafío de aumentar la superficie cultivada de la Argentina, en un territorio ambientalmente ordenado, cumpliendo con los estándares de la seguridad alimentaria, no aparece sencillo con los instrumentos legales vigentes.

En otras palabras y ampliando el punto anterior, deben reformularse diversos aspectos de la actual configuración de las Organizaciones de Usuarios:

- incorporación de los usuarios no agrícolas del recurso hídrico a los Organismos de Usuarios;
- manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas;
- adecuados sistemas de financiación para la construcción de obras comunes y para hacer más eficiente el uso del agua (por ejemplo, reservorios comunes);
- reconocimiento a favor de los Organismos de Usuarios de facultades de control y sanción de la calidad hídrica y del uso eficiente de la misma, con los respectivos recursos legales para hacerlo;
- mecanismos de recaudación de los tributos vinculados a los servicios;
- inserción en la planificación del territorio;
- capacitación sobre legislación específica al personal afectado a la tarea de distribución;
- en los casos conducentes, unificación de consorcios: para asegurar los beneficios de la economía de escala y su decisiva vinculación con el desarrollo regional, a través de la asociatividad destinada a realizar actividades afines o asistencia a productores.
- fortalecer la representatividad del sector ante la Administración Hídrica.

En función de lo expuesto, resulta necesario profundizar en la reformulación de los aspectos mencionados precedentemente, entre otros, que puedan resultar útiles para el fortalecimiento de los Organismos de Usuarios, dado su importante rol en pos del aumento de la superficie cultivada en la Argentina.

El potencial total de hectáreas a ampliar en Argentina, asciende a **6,2 millones de hectáreas**, haciéndose necesaria una inversión de aproximadamente **31.161 Millones de USD**.

Sin embargo, existen limitaciones, fundamentalmente por falta de: capacitación, información, institucionalidad, recursos económicos, factores político-culturales, ordenamiento territorial, degradación de tierras, salinidad, etc.

Hay una escasa conciencia social, sobre la importancia de usar el agua eficientemente y de cuidar su calidad, como resultado de una valoración errónea del recurso hídrico.

La importancia del riego como herramienta efectiva para la intensificación sostenible de la producción, además de como un eje articulador de inversiones y múltiples beneficios, no está bien valorado ni posicionada en la agenda pública.

Sobre la base de lo anterior, es alto el desconocimiento generalizado en relación a la enorme posibilidad y potencial de ampliación del riego en Argentina y de sus impactos asociados.

Para identificar acciones y estrategias para su implementación, se han planteado un resumen de propuestas y recomendaciones las cuales ha sido identificadas y colectadas durante el proceso de preparación del presente estudio.

Por todo ello, debe posicionarse y sostenerse en la agenda pública, el tema estratégico del riego y su enorme posibilidad de ampliación en Argentina.

Tabla resumen de datos generales

El siguiente Cuadro resume los números más importantes, respecto de la información analizada a lo largo del Documento Principal:

Cuadro N°171. Cuadro Resumen General

POTENCIAL DE AMPLIACIÓN DE RIEGO EN ARGENTINA		
ÁREAS DE RIEGO EXISTENTE		INVERSIONES POR ÁREA
Superficie total de ha cultivadas	39.04 millones de ha	
Superficie cultivada bajo riego	2.1 millones ha	
Superficie sembrada en seco	36.9 millones de ha	
Pérdidas productivas a futuro por Cambio Climático	325 mil ha	
Áreas salinizadas	600 mil ha	
Potencial Superficie de Nuevas Áreas (variable por escenario)	800 mil ha Esc. 1 561 mil ha Esc. 2 (con garantía inclusive ante eventos extremos.)	Inversión en Áreas Existentes 7.262 Millones USD
Total de regantes	145.250	
ÁREAS CON RIEGO COMPLEMENTARIO		
Superficie total ha con riego complementario (fuente superficial)	4.260 mil ha	
Superficie total ha con riego complementario (fuente subterránea)		1.210.000 ha
Superficie total ha riego complementario	4.730 mil ha	Inversión en Riego Complementario 16.513 Millones USD
NUEVAS ÁREAS DE AGRICULTURA IRRIGADA		
Potenciales Nuevas Áreas	119 áreas	
Cuencas disponibles con potencial de ampliación	27	
Potenciales Nuevas Áreas Viables en ha	915 mil ha	Inversión Nuevas Áreas 7.386 Millones USD
TOTAL DE SUPERFICIE potencial a ampliar	6.206 mil	TOTAL INVERSIÓN en áreas de riego: 31.161 Millones USD

Conceptos generales

- a. Costo por ha expandida: expresa el costo relativo de acceder a la expansión de superficie por ahorro de agua (es el cociente entre la inversión y la superficie expandida).
- b. Costo por ha intervenida: es el cociente entre la inversión y la superficie empadronada.
- c. Costo por ha total: es el cociente entre la inversión y la suma de la superficie empadronada, más la superficie expandida.
- d. Herramienta Multicriterio: herramienta en base GIS que unifica toda la información recopilada. Esta herramienta determina la superficie con mayor potencial de ampliación de riego, en base a unos criterios que el tomador de decisiones puede seleccionar.
- e. Inversión Colectiva: son las inversiones necesarias a nivel de captación, transporte y distribución, fuera de parcela.
- f. Inversión en Parcelas: son las inversiones realizadas a nivel de tecnología de riego, gravedad, aspersión o presurizado, dentro de parcelas.
- g. Nuevas Áreas: superficies que actualmente no se destinan a la agricultura.
- h. Producción actual: es igual al producto de las hectáreas efectivamente cultivadas por el rendimiento actual.
- i. Precio: es el precio al productor por tonelada del cultivo considerado, fuente de información (informes de organismos provinciales, páginas de asociaciones de productores, etc.). El tipo de cambio utilizado corresponde a 4,92 pesos argentinos por dólar.
- j. Rendimiento actual: Este es un indicador de “productividad” y se refiere a cuántas toneladas del cultivo se producen en una hectárea. Es igual al total de la producción dividido el total de hectáreas efectivamente cultivadas.
- k. Riego Complementario: es utilizado para compensar intervalos secos durante la estación de lluvias o para prolongar la estación. Su conveniencia está dictada por las condiciones climáticas; en regiones donde la estación lluviosa a menudo es irregular, puede jugar un papel esencial en evitar severos daños a los cultivos. La mayor parte del riego es complementario en un grado o en otro, excepto en climas muy áridos y en invernaderos. Este riego puede ser esencial no sólo para aumentar el volumen de la producción sino también para asegurar la calidad de productos como frutas y hortalizas, ya que permite controlar el calendario del riego. En vista de la creciente importancia de la calidad (para el mercado interno y sobre todo para la exportación) el riego complementario puede ser esencial para aumentar los ingresos agrícolas.
- l. Sistema: la denominación de “sistema” es amplio. En algunos casos corresponden a los mismos Departamentos, en otros a agrupamientos de los mismos en función de regionalizaciones propuestas por los consultores relevadores o por las provincias. Pueden ser regiones en las cuales esté dividida una provincia, pueden ser cuencas hidrográficas, o simplemente puede la información local, debido a que los datos disponibles no han podido distribuirse en una unidad geográfica menor.
- m. Superficie cultivada: puede ser distinta a la superficie cultivada bajo riego en aquellas zonas en donde se combinan cultivos bajo riego y seco.
- n. Superficie cultivada bajo riego: esta superficie es igual al total que suman las hectáreas cultivadas con cada tipo de cultivo.
- o. Superficie total: esta superficie corresponde a toda el área y no sólo a la cultivada total.
- p. Superficie total regada: corresponde a las hectáreas empadronadas bajo riego.

- Aparicio, Francisco y otros, "La Argentina. Suma de Geografía" (1965).
- Banco Mundial, "Argentina. Gestión de los Recursos Hídricos. Informe Principal Nº 20729-AR", Washington D.C. (2000)
- BID, "Estrategia para el Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en América Latina", Washington D.C. (1998).
- Cano, Guillermo, "Derecho, Política y Administración de Aguas", INCyT, Mendoza, Argentina (1976)
- Castello, Manuel, "Legislación de Aguas", Editorial Universidad Nacional de Buenos Aires (1921).
- Consejo Federal de Inversiones (CFI), "Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina; Recursos Hidráulicos Superficiales" (2006).
- COHIFE, "Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina" (2003).
- Departamento General de Irrigación, "Planes Directores de los Recursos Hídricos de la Provincia de Mendoza", Proyecto PNUD-FAO-DGI, Mendoza (2007).
- Fiorentino, Raúl, "La economía política del riego en Argentina", Proyectar SRL y Universidad del Salvador, Córdoba (2006).
- García Serrano J. Planificación de la presurización del agua de riego a gran escala. CEDEX. Maestría en Ingeniería de Riego y Drenaje. España (1995).
- Gay de Montellá, R. y Massó Escofet, Cristóbal, "Tratado de la Legislación de Aguas Públicas y Privadas", Tomo I, Ed. Bosch, Barcelona (1956).
- Giménez, Juan Carlos y Asad, Musa, "Manejo de los Recursos Hídricos en Argentina", Banco Mundial (1999).
- Hofer, María, "La contaminación de las aguas desde la óptica del Derecho", Del País, Buenos Aires (2006).
- Horst, M., Shamutalov, S., Gonçalves, J.M., Pereira, L. Assessing impacts of surge-flow irrigation on water saving and productivity of cotton. *Agricultural Water Management*. Volume 87, Issue 2, Pages 115-127. Elsevier (2007).
- INDEC, Censos Nacionales de la República Argentina.
- Leyes de Aguas provinciales:
 - Catamarca. Ley de Aguas 2577. Decreto 2142/74.
 - Chaco. Código de Aguas del Chaco Ley 3230, decretos 170 y 174 de 1990.
 - Chubut. Código de Aguas Ley 4148, decreto 216 de 1998.
 - Córdoba. Ley 5589 Código de Aguas para Córdoba
 - Corrientes. Constitución Provincial Capítulos XI y XII.
 - Entre Ríos. Ley 9172 Código de Aguas, decreto 7547 de 1999.
 - Formosa. Ley 1296 Código de Aguas.
 - Jujuy. Artículo 75 de la Constitución Provincial. Ley 161.
 - La Pampa. Ley 155 de Conservación del Suelo Agrícola.
 - La Rioja. Ley 4295 Código de Aguas
 - Mendoza. Constitución Provincial. Ley de Aguas 1884.
 - Misiones. Ley 1838 Código de Agua.
 - Río Negro. Ley 2952 Código de Aguas.
 - Neuquén. Ley 899 Código de Aguas.
 - Salta. Ley 7017 Código de Aguas de la Provincia de Salta
 - San Luis. Ley VI-0159-2004 Código de Aguas de San Luis.
 - San Juan. Constitución provincial. Ley 4392 Código de Aguas.
 - Santa Cruz. Ley 1451 Código de Aguas.
 - Santiago del Estero. Ley 4869 Código de Aguas.
 - Tucumán. Ley 7139 de Riego.
- López, Joaquín, "Legislación sobre los conflictos entre usos y usuarios del agua y su resolución", INCYTH-CELA, Curso de Posgrado para el Manejo Integral de los Recursos Hídricos, Mendoza (1985).
- Naciones Unidas, "2º Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: el agua, una responsabilidad compartida" (2006).
- Paredes P., J.P. de Melo-Abreu, I. Alves, L. Pereira. Assessing the performance of the FAO AquaCrop model to estimate maize yields and water use under full and deficit irrigation with focus on model parameterization. *Agricultural Water Management*. Volume 144, Pages 81–97. Elsevier (2014).
- Pereira L., Richard G. Allen, Martin Smith, Dirk Raes. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. *Agricultural Water Management* 147 (2015).
- Pereira, L., Cordery, I., Iacovides, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management* Volume 108, Pages 39-51. Elsevier (2012).
- Rodrigues, G., Martins, J., da Silva, F., Carlesso, R., Pereira, L. Modelling economic impacts of deficit irrigated maize in Brazil with consideration of different rainfall regimes *Biosystems Engineering*. Volume 116, Issue 1, Pages 97–110. Elsevier (2013).



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



Presidencia de la Nación

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

UCAR
UNIDAD PARA EL CAMBIO RURAL

PROSAP
SERVIR AL AGRO



©MAGYP

ISBN 978-92-5-308995-6



9 789253 089956

I5183S/1/11.15